Aus der Berufsgenossenschaftlichen Klinik Tübingen
Direktor: Professor Dr. med. L. Kreuz

Innervation der Schweißdrüsen und „objektive" Sensibilitäts-Teste an der Hand

(Historische Entwicklung und Prüfung eines neuen Verfahrens)

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
MARTIN MANN
aus Dresden

1965

8370

Aus der Berufsgenossenschaftlichen Klinik Tübingen
Direktor: Professor Dr. med. L. Kreuz

Innervation der Schweißdrüsen und „objektive" Sensibilitäts-Teste an der Hand

(Historische Entwicklung und Prüfung eines neuen Verfahrens)

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
MARTIN MANN
aus Dresden

1965

Dekan: Professor Dr. W. SCHULTE

1. Berichterstatter: Professor Dr. L. KREUZ
2. Berichterstatter: Professor Dr. J. HIRSCHMANN

Fotodruck PRÄZIS · Tübingen

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I.	Einleitung	1
II.	Die Sensibilität an der Hand und deren subjektive Prüfverfahren	2
	A. Subjektive Prüfverfahren	2
	B. Funktionelle Prüfverfahren	3
	1. Die Zwei-Punkte-Diskriminierung	4
	2. Der Lokalisations-Test	4
	3. Der Münzränder-Test	5
	4. Das Zahlenschreiben	5
	5. Die "funktionellen" Sensibilitäts-Teste	5
III.	Untersuchungen und Diskussionen über die vegetative Innervation der Schweißdrüsen	7
	1. Gegenüberstellung widersprüchlicher Meinungen	7
	a) Antagonistische Innervation der Schweißdrüsen	7
	b) Wege der vegetativen Hautnerven	9
	c) Schweißzentren	10
	d) Neuronenaufbau	11
	e) Pharmakologische Wirkungen von Pilocarpin und Adrenalin	13
	f) Endigungsweise der vegetativen Fasern an den Schweißdrüsen	15
	2. Zusammenfassende Darstellung der heute herrschenden Lehre	16
	3. Versuche, die zu "objektiven" Sensibilitäts-Testen führten	17
IV.	Darstellung verschiedener Methoden zum Nachweis der Schweißsekretion	19
	1. Das Haarhygrometer	19
	2. Optische Methoden	19
	3. Gravimetrische Methoden	20
	4. Chemische Verfahren	21
	5. Elektrische Meßverfahren	23

Seite

V. Verfahren, die zur "objektiven" Sensibilitäts-Prüfung benutzt wurden 26

VI. Die Prüfung eines neuen Verfahrens zum "objektiven" Nachweis von Sensibilitäts-Störungen (eigene Untersuchungen) 28
1. Das Messgerät 28
2. Aufgabenstellung 31
3. Methodik der Auswertung 32
4. Zusammensetzung des Untersuchungsgutes 34
5. Untersuchungsergebnisse 39
a) Untersuchung an 50 gesunden Personen 39
a. Der Seitenvergleich 39
b. Einflüsse der Fingerbeschwielung 41
c. Berücksichtigung konstitutioneller Merkmale 42
b) Untersuchung an 46 verletzten Personen 45
a. Der Seitenvergleich zwischen verletzten und korrespondierenden unverletzten Fingern 45
b. Der Seitenvergleich gesunder Finger an verletzten Händen und ihrer korrespondierenden Finger 53
c. "Grenzfinger" 54

VII. Bewertung der Technik und der Auswertung bei heute gebräuchlichen "objektiven" Sensibilitäts-Testen 55

VIII. Kritische Betrachtungen 58
1. Zu den anatomisch-physiologischen Grundlagen der "objektiven" Sensibilitäts-Teste 58
2. Zur Bewertung deren Ergebnisse 60

IX. Zur Beurteilung von Sensibilitäts-Störungen der verletzten Hand 63

X. Zusammenfassung 64

Kurvenbeispiele 66

Literaturverzeichnis 71

I. EINLEITUNG

Ursprünglich war es die Aufgabe vorliegender Arbeit, das von WAGENER publizierte Verfahren zur elektronischen Messung der Hautfeuchtigkeit in seiner Abwandlung nach SIMON auf seine Gebrauchsfähigkeit zur objektiven Feststellung der Sensibilität im klinischen Betrieb anhand einer größeren Versuchsreihe zu prüfen. Im Laufe der Untersuchungen stellte es sich heraus, daß die Probleme der Innervation der Schweißdrüsen seitens der Physiologen und Anatomen nicht eindeutig geklärt schienen. Auf Grund dessen wurde es notwendig, der historischen Entwicklung der Lehre über die Innervation der Schweißdrüsen nachzugehen, die widersprüchlichen Ansichten darüber darzulegen und zu versuchen, den heutigen Stand des Wissens um dieses Thema kurz zu umreißen.

Aus diesen Erwägungen heraus ergab es sich, daß in der vorliegenden Arbeit der experimentelle Teil etwas in den Hintergrund getreten ist. Es erschien wichtiger, vorerst einmal die grundsätzlichen Fragen zum Thema der "objektiven" Sensibilitäts-Teste zu erörtern.

II. DIE SENSIBILITÄT AN DER HAND UND DEREN SUBJEKTIVE PRÜFVERFAHREN

"Die früheren Erfahrungen der Kriegsverletzungen und unsere jetzigen Erfahrungen bei Unfallverletzten beweisen es einwandfrei, daß die erhaltene Sensibilität die bedeutsamste Voraussetzung für die funktionelle Leistungsfähigkeit der Hand darstellt" (KREUZ 1960).

Was heißt Sensibilität?
Sensibilitas = sensus = Sinne sind ein Vermögen der Seele, von den Objekten affiziert zu werden und hierdurch diese zu erkennen (ZEDLER's Universallexikon 1733).

Diese alte Darstellung des Begriffes Sensibilität ist umfassender als das, was man heute gemeinhin darunter versteht. Sie bringt die in der neueren Zeit durch die physiologisch-analytische Betrachtungsweise der Sensibilität wenig beachtete Verquickung von äußerem Reiz und dessen seelischer Verarbeitung voll zur Geltung. Die Bestrebungen der Physiologen, das Gefühl in bestimmte normierbare Qualitäten zu unterteilen, führte zu einer wesentlichen Einengung dieses Begriffes. Man gliederte die Sensibilität - nun enger zum "Tastsinn" geworden - in Oberflächen- und Tiefensensibilität.

Die folgenden Untersuchungen befassen sich ausschließlich mit der Oberflächensensibilität. Diese wird eingeteilt in Empfindungen für Wärme, Kälte, Berührung und Schmerz, welche von ÖNNE als primäre Gefühlsmodalitäten bezeichnet werden.

Zur Prüfung dieser vier Modalitäten sind folgende übliche Teste entwickelt worden:

Für warm und kalt benutzt man am besten Metallkegel, die mit verschieden warmem Wasser gefüllt werden. Von einzelnen Autoren wird die Aussagekraft dieser Prüfung nicht sehr hoch geschätzt bzw. ganz abgelehnt (JUNG,SEDDON, MOBERG 1962).

Die Testung der Berührungsempfindung ist insofern schwierig, als es kaum möglich ist, gleichstarke bzw. Minimalreize zu setzen. Man verwendet gewöhnlich einen Wattebausch, einen Pinsel oder den eigenen Finger, mit denen man das

zu untersuchende Hautareal bestreicht. Um die Reizstärke genormt anwenden zu können, schuf v.FREY das Haar-Esthesiometer. Mit einer Reihe verschieden starker Borsten, die an einem Stab befestigt sind, ist es möglich, einen unterschiedlichen Druck auf die Haut auszuüben. Später weisen einige Autoren experimentell nach, daß es bei der Auslösung der Berührungsempfindungen nicht auf die Stärke des Druckes selbst, sondern auf die Größe der dabei deformierten Hautoberfläche ankomme. Bei einem dickeren Haar sei es nicht allein der stärkere Druck, sondern die größere verformte Hautoberfläche, die durch Reizung mehrerer Rezeptoren eine stärkere Empfindung hervorrufe (CAUNA, LINDBLOM, GUILFORD & LOVEWELL).

Die Schmerzempfindung läßt sich durch das Kneifen einer Hautfalte, das Stechen mit einer Nadel oder mit einem spitzen Rädchen prüfen. Eine genauere Methode stellt die Verwendung einer Algesimeters dar. Sein Gebrauch hat sich aber wegen der umständlichen Handhabung nicht recht durchsetzen können (ÖNNE, MOBERG u.a.). Eindringlich warnt MOBERG vor der Prüfung mit heißen Gegenständen, da die trophisch gestörte Haut bei Nervenverletzungen besonders leicht zu schweren Brandwunden neige.

Die Prüfung der vier "primären" Modalitäten reicht aber gerade an der Hand nicht aus, um den Gebrauchswert der Sensibilität im täglichen Leben beurteilen zu können. MOBERG beschreibt sehr treffend, daß Patienten nach Nervenverletzungen an den Händen praktisch nie über ihr mangelndes Gefühl, sondern meist über mangelnde Geschicklichkeit und Sicherheit beim Greifen klagen. "Sie sagen alle, ich kann allerlei nicht halten, ich kann mit meiner Hand nicht zufassen oder meine Hände taugen nicht, um Dinge festzuhalten. Aber keiner spricht vom Gefühl". Er betont, daß mit der Prüfung der funktionellen Wertigkeit der Sensibilität an der Hand ausschließlich periphere Störungen beurteilt werden sollen. Die Brauchbarkeit der vier Gefühlsmodalitäten, von ihm als "Analyse des Rezeptorsystems der vier Gefühlsqualitäten" bezeichnet, werde für die Erfassung zentraler Geschehnisse absolut nicht angezweifelt.

Eine mehr funktionelle Betrachtungsweise der Sensibilität der Hand beginnt mit dem Aufschwung der wiederherstellenden Handchirurgie während des Zweiten Weltkrieges. 1942 schreibt WALSH, daß die bisherigen Methoden der Sensibilitäts-Prüfung nicht ausreichend seien zur Beurteilung nach Nervennähten. BOWDEN, SEDDON, ZACHARY & ROAF unterscheiden zwischen "akademischer" und "funktioneller" Wiederherstellung der Sensibilität. Mit ersterer bezeichnen sie die Empfindungen für Berührung und Schmerz (die Prüfung von kalt und warm sei sowieso kaum verwertbar). Sie beschreiben Fälle, in denen bei völliger "akademischer" Wiederherstellung absolute Arbeitsunfähigkeit der

verletzten Hand vorlag. 1945 schafft BROMAN den Begriff der "tactil gnosis" als übergeordnete Bezeichnung für die Gesamtheit der Sensibilität an der Hand, deren Vorhandensein den funktionellen Wert der Hand ausmacht. Nach MOBERG (1958) gibt die tactile Gnosis dem Griff "Gesicht": "Eine Hand ohne tactile Gnosis ist "blind" und unnütz ohne Hilfe des Auges". 1946 fordert BISHOP, die Prüfung der vier primären Gefühlsmodalitäten überhaupt zu unterlassen, da sie unbrauchbar sei. NOORDENBOS und MOBERG glauben, daß diese Begriffe eher zur Normierung der Untersuchungsmethodik geschaffen worden seien, als daß sie wirklich etwas über die Gefühlsqualitäten aussagen könnten. Aus dieser Unzulänglichkeit weist besonders MOBERG den Weg zur Beurteilung der tactilen Gnosis. Es stehen uns dafür folgende Methoden zur Verfügung:

1. Die Zwei-Punkte Diskriminierung (WEBER, E.H.):

Die Haut wird mit einer Spitze oder mit zwei Spitzen eines Zirkels berührt und der Prüfling muß angeben, was er fühlt. Man muß darauf achten, daß die Spitzen absolut gleichzeitig aufgesetzt werden. Außerdem soll nur mäßiger Druck angewendet werden (FORD & WOODHALL). Weiterhin sollen die Verbindungslinien zwischen den zwei Zirkelspitzen immer parallel laufen, entweder längs oder quer des Fingers. Bei letzterem werden kleinere Werte angegeben (WEBER, E.H.). Schwellenwerte für das räumliche Auflösungsvermögen wurden nie klar bezeichnet. McDOUGALL legt den Schwellenwert für acht richtige Antworten bei zehn Zwei-Punkte-Reizungen fest. PONTEN, MANNERFELD und MOBERG fordern nur sieben richtige Antworten, PONTEN dazu noch sieben von zehn Ein-Punkt-Reizen. Die Bewertung des Testes ist verschieden. HEAD & SHERREN schreiben 1920: "Vermittels des Tastzirkels ist es möglich, Informationen über die relative Sensibilität von Gebieten zu erhalten, die auf gröbere Teste reagieren". POLLOCK & DAVIS messen der Zwei-Punkte-Diskriminierung für den klinischen Gebrauch keinen größeren Wert bei. MOBERG hält diese Methode für die beste zur Beurteilung der tactilen Gnosis, obwohl sie wegen der Schwierigkeiten der gleichzeitigen und gleichstarken Reizapplikation auch nicht ideal sei.

2. Der Lokalisationstest:

Er beruht auf der Erfahrung, daß es nach Nervennähten immer schwierig ist, irgendeinen Hautreiz richtig zu lokalisieren. Dieses Verfahren wird von MOBERG als wertvoll für die funktionelle Einstufung der wiedereingetretenen Sensibilität gehalten. ÖNNE schließt sich der Meinung MOBERGs an, indem er

betont, daß die Ergebnisse insofern eingeschränkt seien, als bei Hypästhesie ein erforderlicher stärkerer Druck entferntere Rezeptoren in Mitleidenschaft ziehe und somit evtl. doch eine Lokalisation ermögliche.

3. Der Münzrändertest nach SEDDON

vermittelt einen guten Eindruck über die tactile Gnosis und wird folgendermaßen ausgeführt: Man bestreicht die Fingerkuppe abwechselnd mit dem Rand zweier Geldstücke, deren einer geriffelt und deren anderer glatt ist und läßt sich die Beschaffenheit des Münzrandes beschreiben. ÖNNE gibt zu bedenken, daß eine leichte Verdrehung oder Verkantung der geriffelten Münze evtl. eine Vibration hervorrufen könne, die sich in normal innervierte Gebiete fortpflanzt. - (Unsere Erfahrungen zeigen, daß diese Methode bei stark beschwielten oder auch schwitzenden Fingern schwer durchführbar und verwertbar ist.)

4. Das Zahlenschreiben:

Der Patient hat eine mit einem Bleistift oder einem spitzen Hölzchen auf seine Fingerspitze geschriebene Zahl zu benennen. MOBERG meint, der Test habe praktische Unzulänglichkeiten und bringe nicht bessere Ergebnisse als andere Prüfungen der tactilen Gnosis hervor. ÖNNE bezeichnet ihn als sehr empfindlichen Test, der jedoch öfters spärliche und unerwartete Ergebnisse liefere.

5. Die "funktionellen" Sensibilitäts-Teste:

a) Der Auflesetest nach MOBERG
b) Dessen Variation, der "funktionellen Münzentest" nach ZRUBECKY

Bei beiden Testen hat der Prüfling zuerst unter Kontrolle des Auges, dann ohne diese, Gegenstände von der Tischplatte aufzunehmen, in eine Schale zu legen und zu bennenen. MOBERG verwendet Münzen, Schrauben, Heftklammern, Knöpfe usw., ZRUBECKY nur verschiedene Münzen. Dieser Test gibt einen sehr guten Aufschluß über die funktionelle Brauchbarkeit der Sensibilität an den Fingern. Er vermittelt sowohl einen Eindruck über die tactile Gnosis als auch über die manuelle Geschicklichkeit des Patienten. Leider ist er nur bei gut erhaltener motorischen Funktion der Hand anwendbar.

Alle diese Methoden zur Sensibilitäts-Prüfung sind aber mit einem Nachteil

behaftet, dem der Subjektivität. Die Beurteilung der Verletzungen peripherer sensibler Nerven bzw. der Wiedererlangung der Sensibilität nach Nervennähten bedarf der aktiven Mitarbeit des Patienten. Für diese ist aber ein Mindestmaß an Intelligenz, Konzentrationskraft und gutem Willen nötig. Außerdem sind die Bewertungen der Aussagekraft dieser Teste, wie wir oben gesehen haben, doch recht verschieden. Das bedeutet, daß auch die Ansichten und die Einstellung des Untersuchers zur Auswertung der Untersuchungsergebnisse eine große Rolle spielt (v.RENZ, MOBERG, ZRUBECKY).

Bei der großen Häufigkeit der Hand- und Fingerverletzungen bei Betriebsunfällen und der nachfolgenden Rentenbegutachtung fallen diese Gesichtspunkte besonders ins Gewicht. Man fordert daher immer wieder ein objektives Verfahren zur Prüfung der Sensibilität, unabhängig vom Untersucher und Untersuchten, das trotzdem eine gute Beurteilung der Sensibilität erlaube. Seit etwa zehn Jahren ist in der Literatur der Begriff "Objektiver Sensibilitäts-Test" immer wieder zu finden und der Leser erhält den Eindruck einer neueren, moderneren Untersuchungsmöglichkeit. Wenn auch dabei auf MINOR und GUTTMANN und deren Methodik hingewiesen wird, so ist dieser Begriff doch schon wesentlich älter. Ebenso alt ist die Idee der Durchführung.

1886 schreibt v.RENZ im Zentralblatt für Neurologie unter dem Titel "Bedürfnis einer objektiven Sensibilitäts-Prüfung": "Leider gibt es bis jetzt sensiblerseits kein Analogon der elektrischen Untersuchung motorischer Nerven oder Muskeln. Da bei Läsionen des Markes, der Wurzeln oder der Nervenstränge neben den motorischen und sensiblen Elementen jedenfalls auch diejenigen Nervenbahnen, welche der Sekretion und Resorption vorstehen, mit lädiert sind, so dürfte vielleicht der vorderhand nicht gefundenen Sensibilitäts-Prüfung eine der letztgenannten Nervenbahnen substituiert werden können". v.RENZ schlägt eine Methode zur Prüfung der Schweißdrüsenfunktion vor, die bei ihm zwar keinen Erfolg zeitigt, ermuntert aber andere Wissenschaftler mit technisch größerer Sachkenntnis, nach gut funktionierenden Methoden zu suchen. Der von ihm inaugurierte Weg ist dann auch fast ausnahmslos beschritten worden. Die Methoden wurden zahlreich variiert. Es empfiehlt sich zu prüfen, inwieweit diese Art der "objektiven" Sensibilitäts-Prüfung überhaupt je berechtigt und in ihren anatomischen und physiologischen Grundlagen gefestigt gewesen ist.

III. UNTERSUCHUNGEN UND DISKUSSIONEN ÜBER DIE VEGETATIVE INNERVATION DER SCHWEISSDRÜSEN

Die Erforschung der Schweißsekretion beginnt mit der grundlegenden Erkenntnis, daß die Tätigkeit der Drüsen nicht auf Transsudation, sondern auf aktiver Arbeit - Sekretion - beruht. LUCHSINGER bestätigt und unterstreicht diese Erkenntnis 1879 mit folgenden Worten: "Nach allem ist vielmehr das Schwitzen durch Nervenerregung eine echte Sekretion, die Tätigkeit der Drüsenzellen eine direkte Funktion nervöser Erregung".

Bekanntlich gibt es zwei verschiedene Formen der Schweißsekretion, die apokrine und die ekkrine. Da sich die vorliegende Arbeit mit den speziellen Gegebenheiten an der Hand befassen soll, wird im folgenden nur von den dort ausschließlich vorliegenden ekkrinen Schweißdrüsen gesprochen worden, ohne deren Sekretionsart besonders zu bezeichnen.

1. Gegenüberstellung widersprüchlicher Meinungen

Nachstehend soll versucht werden, die jeweils gegenteiligen Meinungen über bestimmte physiologische und anatomische Probleme der vegetativen Innervation der Haut, besonders der Schweißdrüsen, zu erläutern:

a) Werden die Schweißdrüsen nur sympathisch (fördernd) innerviert, oder gibt es auch eine hemmende Innervation.

1877 weist LUCHSINGER experimentell an Katzen nach, daß die Schweißfasern im N. ischiadicus vom Bauchstrang des Sympathicus kommen, 1878, daß die schweißfördernden Nervenfasern im N. medianus und N. ulnaris vom Ganglion stellatum ihren Ausgang nehmen. Er zeigt, daß nach Exstirpation des Ganglion stellatum kein Schwitzen an der Vorderpfote der Katze bei Wärmeapplikation (zentrale Erregung) mehr auftritt. Er lehnt die Existenz schweißhemmender Fasern als unerwiesen ab (1879). Zu gleichen Ergebnissen kommen NOWROCKY und ADAMKIEWICZ 1878. LANGLEY schreibt 1891, daß der Ischiadicus der Katze keine anderen als sympathische Fasern enthalte. DIEDEN anerkennt

1915 die Existenz von schweißfördernden sympathischen Fasern, die das Rückenmark in der vorderen Wurzel verlassen, über die Rami communicantes albi zum Grenzstrang und von dort über die Rami communicantes grisei mit den peripheren Nerven in die Peripherie ziehen. Er nimmt aber gleichzeitig noch eine hemmende Innervation über die Hinterwurzel an und versucht, das in seiner Arbeit "Über die Wirkung des Adrenalin auf die Schweißdrüsen" (1916) experimentell zu belegen. DIEDEN injizierte seinen jungen Katzen nach Durchschneidung der "schweißhemmenden Fasern" der Hinterwurzeln des Thoracal- und Lendenmarkes Adrenalin, was ein heftiges Schwitzen an den Hinterpfoten hervorrief. ZIERL und BILLIGHEIMER (1920) glauben ebenso an das Vorhandensein einer antagonistischen Innervation der Schweißdrüsen: ZIERL auf Grund der feinen Regulierbarkeit der Schweißabsonderung, BILLIGHEIMER wegen der verschiedenen pharmakologischen Wirkungen von Adrenalin und Pilocarpin. Er macht die Feststellung, daß die schweißtreibende Wirkung von Pilocarpin durch Adrenalin aufgehoben werde. LANGLEY & UYENO engegnen darauf, daß die Sekretionsbeschränkung des Andrenalins nur auf dessen gefäßverengender Wirkung beruhe, so daß weniger Pilocarpin an die Schweißdrüsen herangelangen könne. MANDUR & SCHILF (1922) werden sich gegen die Versuche DIEDENs. Sie belegen experimentell, daß auch bei Durchschneidung der Hinterwurzel des unteren Thoracal- und Lendenmarkes Adrenalin keinerlei Wirkung auf die Schweißsekretion der Hinterpfoten der Katze habe. Ebenso zeige eine galvanische Reizung der Hinterwurzeln nach Pilocarpingabe keinerlei schweißhemmende Wirkung. Sie lehnen daher das Vorhandensein schweißhemmender Fasern in den Hinterwurzeln ab (ebenso SCHILF 1923). BRAEUCKER erklärt 1928 auf Grund von Durchschneidungen der Vorderwurzeln beim Menschen, daß es nur einen Weg und eine Art von Schweißnerven gebe. Er wendet sich auch gegen die Existenz schweißhemmender Fasern sympathischer Art, wie sie SPERANSKAJA-STEPANOWA beim Frosch festgestellt hat. Sie fand bei ihren Experimenten schweißhemmende Fasern in der Vorderwurzel und vertrat dabei dieselbe Ansicht wie DIEDEN, daß Adrenalin schweißfördernd wirke. Bei Durchschneidung der Vorderwurzeln und Adrenalingabe konnte sie eine erhöhte Schweißsekretion erzielen. Ihr gegenüber argumentiert BRAEUCKER ähnlich wie LANGLEY 1922 zu den Ausführungen BILLIGHEIMERs. BRAEUCKER meint, die Durchschneidung der vorderen Wurzeln habe eine Gefäßerweiterung zur Folge, wodurch das Adrenalin besser an die Schweißdrüsen gelangen und eine Sekretionserhöhung bewirken könne. FOERSTER, GUTTMANN, GUTTMANN & LIST halten die Schweißdrüsen beim Menschen ebenfalls für doppelt innerviert von sekretorisch-sympathischen Fasern der Vorderwurzeln und von hemmend-parasympathischen Fasern der Hinterwurzeln. KURÉ (1936) weist wiederum an der Katze experimentell nach, daß die Schweißdrüseninnervation an den Extremitäten rein sympathisch sei und

es keine schweißhemmenden Fasern gebe. Wie weiter unten ausgeführt, ist man sich heute auf Grund neuester anatomischer und histochemischer Untersuchungen einig, daß die vegetative Innervation rein sympathisch sei (EBBECKE, BRÜCKE, JABANERO und THIES).

b) Eine weitere Streitfrage ist, ob alle Schweißfasern zum Grenzstrang und von dort zum peripheren Nerven ziehen, oder ob es auch direkte sympathische Fasern gibt, die ohne Umschaltung im Grenzstrangganglion zu den Schweißdrüsen gelangen.

LUCHSINGER und NAWROCKI zeigen beide auf, daß alle Schweißfasern der Katze über die Rami communicantes albi zum Grenzstrangganglion ziehen. NAWROCKI weist es mittels der Exstirpation des Ganglion stellatum nach, worauf kein zentral erregter Schweiß an den Vorderpfoten der Katze mehr auftritt. LANGLEY (1922) betont ebenfalls, daß alle sympathischen Fasern im Grenzstrangganglion vom präganglionären auf das postganglionäre Neuron umgeschaltet werden und somit zwangsläufig über den Grenzstrang verlaufen müssen. zur gleichen Meinung gelangen auch SCHILF, BRÜCKE und MONIER.

Gegenteiligere Auffassung ist ADAMKIEWICZ, der zusätzlich direkte spinale Schweißfasern in den peripheren Nerven vermutet. BRAEUCKER hält die Meinung, daß es keine direkten Schweißfasern gebe, für experimentell nicht gesichert, betont aber andererseits, daß die Rami communicantes grisei der einzige Punkt seien, wo Schweißfasern isoliert auffindbar sind. Mit seinen Durchtrennungen der Rami communicantes grisei versucht er ja gerade nachzuweisen, daß nur eine Art und ein Weg der Schweißfasern vorhanden sei. KURÉ teilt 1936 mit, ein Teil der sympathischen Hautfasern verlaufe durch den Grenzstrang, ein anderer ziehe direkt in die Peripherie.

Grundsätzliche Studien über den Verlauf sympathischer Fasern finden wir im umfassenden Lebenswerk von ALBERT KUNZ, das er der Erforschung des vegetativen Nervensystems gewidmet hatte. Er schreibt kurz vor seinem Tode eine autobiographische Studie, der die folgenden Ausführungen entnommen sind: KUNZ befaßt sich u.a. mit der unwirksamen Blockade des Ganglion cervicale superior und des Ganglion stellatum. In etwa 50 % der Fälle bestehe eine Anastomose zwischen erstem und zweitem Intercostalnerven, die eben auch sympathische Fasern mitführe, die vom zweiten oder einem niederen Thoracalsegment entspringen (genannt KUNZ-Nerv). Weitere Anastomosen zwischen viertem und drittem bzw. fünftem und viertem Intercostalnerven seien die Ursache für die Fehlerfolge von Grenzstrangresektionen für die oberen Extremitä-

ten. 1921 berichte HIRT über kleine sympathische Ganglien in sympathischen Wurzeln und Verbindungszweigen. Ähnliches fanden GREISS 1932, WREFE 1941 und SKOOG 1947. Diese Berichte seien wenig beachtet geblieben, bis 1949 ALEXANDER veröffentlichte, daß viele solcher accessorischer sympathischer Ganglien in den ventralen Nervenwurzeln eingebettet seien, die durch die vordere Wurzel mit präganglionären Nervenfasern in direkter Verbindung stünden. Die Axon dieser Ganglienzellen der accessorischen sympathischen Ganglien ziehen peripher direkt in die Zweige der Spinalnerven, ohne den Grenzstrang zu berühren. KUNZ erklärt auf diese Weise alle Mißerfolge von Grenzstrangresektionen. Besonders häufig sollen diese Formen der Umgehung des Grenzstranges im unteren Cervikal- und oberen Thoracalbereich sowie in den unteren Thoracal- und Lendensegmenten vorhanden sein. Damit läßt sich die besondere Häufigkeit der therapeutischen Mißerfolge der Grenzstrangdurchschneidungen an den Extremitäten erklären.

c) Ebenfalls keine Einigkeit besteht über die Existenz und die Lage eines corticalen Schweißzentrums, über die Bahnen zum subcorticalen bzw. hypothalamischen und zum spinalen Schweißzentrum.

L.R.MÜLLER (1912) und DIEDEN (1915) lehnen ein corticales Schweißzentrum ab. Die ersten systematischen Arbeiten (Gehirn und Sympathicus I bis III, 1909 bis 1912) stammen von KARPLUS & KREIDEL. Sie untersuchten durch Reiz- und Ausschaltungsversuche das Vorhandensein sympathischer Zentren und deren Bahnen bei Katzen. Nach Reizungen an der Basis des Zwischenhirns wurde festgestellt, daß eine Pupillenerweiterung sowie eine Erweiterung der Lidspalte und Zurückziehung des dritten Lides (Nickhaut) eintrat. Weiterhin bewiesen sie, daß diese Erregungen vom Zwischenhirn durch die beiden Hirnschenkel teils gekreuzt, teils ungekreuzt zum Halssympathicus geleitet werden. In anderen Versuchen fanden sie, daß auch bei Entfernung der Hirnrinde die sympathischen Augennerven vom Hypothalamus aus erregbar sind. Eine Erregungsleitung vom Cortex zum Zwischenhirn sei vorhanden. Sie verlaufe ungekreuzt, jedoch gelinge es nicht immer, eine Erregung des Halssympathicus von der Hirnrinde aus zu erreichen. Während des Ersten Weltkrieges gelang es auf Grund des gehäuften Auftretens von Schußverletzungen des Gehirns präzisere Angaben über corticale Regionen zu machen, von denen aus speziell die Schweißsekretion gesteuert wird. Das Vorhandensein eines subcorticalen und eines spinalen Schweißzentrums wird nunmehr von allen Autoren anerkannt. BIKELES & GERSTMANN berichten, daß bei Verletzungen der psychomotorischen Regionen Hyperhydrosis besonders im Bereich des Facialis und der oberen Extremität zu beachten sei. GOLDSTEIN be-

schreibt 1918 Störungen der Schweißsekretion bei Läsionen in der Gegend der Zentralwindungen, teilweise einhergehend mit sensiblen Ausfällen, was mehr auf ein Befallensein der hinteren Zentralwindungen schließen läßt. Er stellt meist Hypersekretion auf der kontralateralen Seite fest. Auf Grund von Erfahrungen mit Hirnverletzten und Rindenexcisionen an FOERSTER's Klinik nehmen GUTTMANN & LIST (1928) neben einem Einfluß der vorderen und hinteren Zentralwindungen noch Beziehungen des Parietallappens zur Schweißsekretion an (Abb. 1). Sie teilen die absteigenden Bahnen für die Schweißabsonderung in folgende fünf Neuren ein:

1. Neuron: vom Cortex durch die innere Kapsel zum Hypothalamus.

2. Neuron: vom Hypothalamus zu einem vegetativen Kern in der Medulla oblongata.

3. Neuron: von dort teils gekreuzt, teils ungekreuzt zu den Seitenhornkernen der Rückenmarkssegmente.

4. Neuron: vom Seitenhornkern über den Ramus communicantus albus zum Grenzstrangganglion.

5. Neuron: vom Grenzstrangganglion über den Ramus communicantus griseus mit den sensiblen peripheren Nerven zu den Schweißdrüsen.

(s. Abb. 2 arabische Ziffern)

SOUVID beobachtete 1940 bei motorischer JACKSON'scher Epilepsie eine verstärkte Schweißabsonderung auf der krampfenden Seite, immer zuerst am krampfenden Glied beginnend. Er schließt daher auf einen Zusammenhang zwischen motorischen Rindenfeldern und corticalem Schweißzentrum. LIST & PEET beschreiben 1941 absteigende Fasern für die Schweißsekretion, die teilweise gekreuzt und ungekreuzt im Hirnstamm und im cervikalen Rückenmarksabschnitt verlaufen. Diese Fasern fänden sich in der Haubenregion der Brücke, im lateralen Tractus reticolo-spinalis und in antero-lateralen und lateralen Faserzügen des Cervicalmarkes.

d) Die Meinungen über den Neuronenaufbau des vegetativen Nervensystems stimmen gleichfalls nicht überein.

Dominierend ist die von LANGLEY begründete physiologische Betrachtungsweise, daß alle vegetativen Nerven in ein prä- und postganglionäres Neuron unterteilt seien (KARPLUS & KREIDEL, LUCHSINGER, NAWROCKI, GUTTMANN,

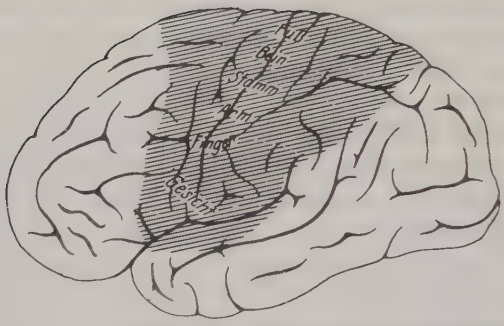


Abb. 1 Regionen der Großhirnrinde, die die Schweißsekretion beeinflussen (nach GUTTMANN & LIST, 1928)

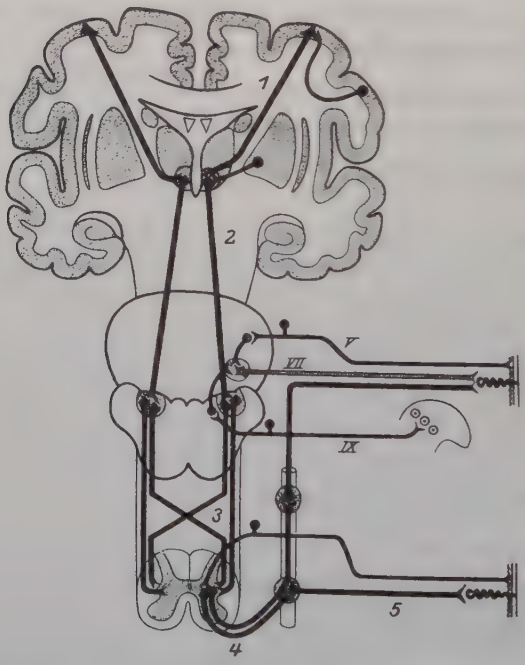


Abb. 2 Die Bahnen der Schweißsekretion und ihre Neuronen (nach GUTTMANN & LIST, 1928 - s. Text)

BRÜCKE, JABANERO, MONIER). Diese Meinung herrscht auch heute noch in der Klinik vor. Die von den Anatomen STÖHR jr., BOECKE, JOHN u.a. vertretene Ansicht verneint diese Unterteilung. Sie fassen das vegetative Nervensystem als ein riesiges, über den ganzen Körper ziehendes syncitiales Netz auf, welches ohne Unterbrechung über den ganzen Körper verteilt sei und direkt mit dem cerebro-spinalen Nervensystem in Verbindung stehe.

e) Ein über Jahrzehnte anhaltendes Rätsel waren den Physiologen die pharmakologischen Wirkungen von Adrenalin und Pilocarpin auf die Schweißsekretion, die immer wieder Anlaß zu neuen Untersuchungen gaben.

Daß das parasympathomimetisch wirkende Pilocarpin merkwürdigerweise die Schweißsekretion fördert, ist von Anfang an bekannt gewesen (LUCHSINGER 1877). Diskutiert wurde über die Frage, wo das Pilocarpin angreift, ob und wie lange es nach Durchtrennung eines peripheren sensiblen Nerven noch an den Schweißdrüsen wirksam sei. LANGLEY (1922) nimmt an, daß das Pilocarpin auf die Schweißdrüse direkt oder auf eine rezeptive Substanz der Drüse wirkt. Deshalb sei die Erregung der Schweißsekretion durch Pilocarpin auch unabhängig von der Innervation auslösbar. Ein durchtrennter peripherer Nerv hebe demnach nicht die Fähigkeit der Drüsen zu sezernieren auf, sondern setze nur die Schwelle für die Erregbarkeit der Drüsen herab. BURN (1922) meint, die Schweißsekretion durch Pilocarpin werde nicht durch eine Nervendurchtrennung aufgehoben, jedoch bedinge diese durch trophische Störungen eine mangelhafte Durchblutung der Haut, wodurch das Pilocarpin nur schwer an die Erfolgsorgane gelangen könne, an denen es direkt angreift. LUCHSINGER (1877) hält die Schweißdrüsentätigkeit sechs Tage nach Durchtrennung der peripheren Nerven für völlig erloschen. DIEDEN beobachtet eine schweißfördernde Wirkung des Pilocarpin noch drei bis fünf Wochen nach Nervendurchtrennung. FOERSTER (1929) betont, daß Pilocarpin nicht an der Drüse, sondern irgendwo am Nerven angreife und daß kurze Zeit nach dessen Durchtrennung die Schweißdrüse durch Pilocarpin nicht mehr erregbar sei, sobald der Nerv degeneriert ist. GUTTMANN & LIST sind ebenfalls der Ansicht, daß nach Durchtrennung peripherer Nerven weder bei zentraler (Acid. salycil.) noch bei peripherer (Pilocarpin) Schweißanregung eine Sekretion zu erzielen sei. Eine besonders abweichende Auffassung vertritt BRAEUCKER, ein Anhänger der "anatomischen" Schule STÖHRs: Pilocarpin wirkt auch nach Nervendurchtrennung auf ein autonomes syncitiales peripheres vegetatives Geflecht. Noch größerer Verwirrung bestand über die Wirkung des Adrenalin auf die Schweißsekretion. BILLIGHEIMER (1920) stellt experimentell fest, daß Adrenalingabe die durch Pilocarpin angeregte Schweißdrüsentätigkeit

hemme. LANGLEY & UYENO führen das allein auf die gefäßverengende Wirkung des Adrenalins zurück, die das Heranführen von Pilocarpin an die Erfolgsorgane vermindere. MANDUR & SCHILF und Langley & UYENO messen Adrenalin keinerlei schweißbeeinflussende Wirkung bei. Es ist erklärlich zu zweifeln, daß bei pharmakologisch so verschiedenartigen Stoffen wie Adrenalin und Pilocarpin der gleiche Erfolg zu erzielen sei. Eine Lösung dieses Widerspruches zeichnet sich durch neuere physiologische und histochemische Untersuchungen ab. Eine grundlegende Arbeit zu diesem Thema veröffentlichte EBBECKE 1951 unter dem Titel "Arbeitsweise der Schweißdrüsen und sudomotorische Reflexe bei unmittelbarer Betrachtung mit Lupenvergrößerung". Er unterscheidet zwischen aktiver Entleerung des in der Drüse gespeicherten Sekretes und einer kontinuierlichen Schweißabsonderung und stellt den sudomotorischen Reflex dem thermischen Schwitzen gegenüber. Der affektbetonte sudomotorische Reflex diene einer phylogenetisch alten Funktion, der Anfeuchtung der Hand- und Fußgreifflächen zur Vorbereitung der Greiffunktion für eine Fluchtbewegung. Deshalb seien auch Hände und Füße besonders von diesem affektbetonten Schwitzen betroffen, während sie beim thermischen Schwitzen erst an letzter Stelle rangieren. Der sudomotorische Reflex gehe mit einer Steigerung des Muskeltonus und einer Gefäßkontraktion einher. Bei der thermisch bedingten Transpiration liege dagegen eine Gefäßdilatation vor. Die Tatsache, daß es kalte und warme feuchte Hände gebe, spreche auch für eine Trennung des Schwitzens auf Grund thermischer und psychischer Einflüsse. Der sudomotorische Reflex habe eine kurze Latenzzeit, die Schweißabsonderung durch Temperatureinflüsse eine lange. Ersterer diene durch Benetzung der Haftflächen bei intendierter oder erwarteter Bewegung gleichzeitig der Feinregulierung der durch diese Bewegung entstandenen Wärme. Das thermische Schwitzen diene der Grobregulation des Wärmehaushaltes, indem es die erhöhte Körpertemperatur herabsetze. 1955 schreibt EBBECKE, daß es durchaus möglich sei, daß die sympathicotone Reaktion des sudomotorischen Reflexes und die vagotone bei der thermischen Regulation möglicherweise doch verschieden innerviert sein könnten. SCOTT stellt 1958 im Bereich der vegetativen Endformationen mit histochemischen Methoden reichlich Cholinesesterase fest. Man muß nach Untersuchungen von THIES (1959) annehmen, daß bei einheitlicher Morphologie der vegetativen Endformationen und bei ausschließlich sympathischer Innervation der Haut und ihrer Anhangsgebilde verschiedene Überträgerstoffe existieren. Speziell für die Schweißdrüsen bedeutet dies, daß die Innervation rein sympathisch ist und ein cholinerger Überträgermechanismus besteht, weshalb Acethylcholin und andere Parasympathomimetica schweißfördernd wirken. Das adrenergische Übertragungssystem existiert für den Vorgang der plötzlichen Ausstoßung des bereits gebildeten

Sekrets aus den Ausführungsgängen, was einen rein motorischen Vorgang darstellt. Damit wären durch die neuesten histochemischen Forschungen die früher widersprechenden Aussagen über die schweißtreibende Wirkung von Pilocarpin und Adrenalin beide als richtig erkannt und auch EBBEKEs Erklärungen bestätigt worden.

f) Anschließend sollen noch die beiden verschiedenen Auffassungen über die vegetativen Endigungen an den Anhangsgebilden der Haut dargestellt werden.

Es war vor allem STÖHR jr., der die Lehre vom Terminalreticulum schuf, Er nimmt an, daß die vegetativen Fasern in der Haut ein dichtes syncitiales Geflecht bilden, das an den Hautanhangsgebilden, auch an den Schweißdrüsen, besonders dicht ausgeprägt sei und den Drüsenzellen aufliege (Terminalreticulum). Dabei ließen sich Faserarten bestimmter Funktionen nicht unterscheiden (s. auch JOHN 1940). Ebenso beschreibt ORMEA 1950 die vegetative Endformation als netzförmige Plasmastränge, die die Endorgane einhüllen und teilweise in deren Plasma eindringen.

JABANERO vertritt im wesentlichen eine andere Ansicht: Die vegetative Endformation besteht aus einem Netz syncitial verbundener protoplasmatischer Stränge, in denen außer Vacuolen, Kernen, argyrophilen Granula auch Neurofibrillen zu finden sind. Das Protoplasma sei meist hyalin und schlecht anfärbbar und daher oft übersehen worden, weshalb manche Autoren nur Neurofibrillen und Nervenfasern beschrieben haben. Das distale Syncitium der vegetativen Endformation bilde den nervösen Pol einer "plexiformen Synapse auf Distanz". JABANERO beschreibt diese folgendermaßen: "Der Struktur der vegetativen Endformation und dem Aufbau der plexiformen Synapse auf Distanz liegt die chemische Übertragung der nervösen Reize zu Grunde". In diesem Zusammenhang soll nochmals auf LANGLEY verwiesen werden, der bereits ca. 25 Jahre vorher unter wesentlich einfacheren Bedingungen doch schon eine richtige Deutung der Reizübertragung an den Schweißdrüsen fand. - Morphologisch und strukturell seien adrenerge oder cholinerge Bezirke nicht zu unterscheiden. Niemals habe JABANERO einen intraplasmatischen Zusammenhang von Neurofibrillen des vegetativen Syncitiums mit Zellen nicht nervöser Herkunft beobachtet.

2. Zusammenfassende Darstellung der heute herrschenden Lehre

Um einen zusammengefaßten Einblick in die neueren anatomischen und physiologischen Grundlagen der vegetativen Innervation der Schweißdrüsen zu vermitteln, sollen nach Darstellung der strittigen Fragen diese und einzelne noch nicht erörterte Probleme der Schweißdrüseninnervation aufgezeigt werden.

Wir kennen drei übereinandergeordnete Schweißzentren: ein corticales, ein subcorticales im Hypothalamus gelegenes und ein spinales, das sich vom 8. Cervical- bis zum 3. Lendensegment erstreckt. Die präganglionären vegetativen Nervenfasern verlassen teilweise die vordere Wurzel als markhaltige Rami communicantes albi und ziehen zum Grenzstrangganglion, teilweise befinden sich kleine sympathische Ganglien schon in der Vorderwurzel und werden dort umgeschaltet. FOERSTER, GUTTMANN und THOMAS-ANDRÉ betonen, daß von einem Segment aus vegetative Fasern zu mehreren Grenzstranggulnglien ziehen, so daß die Segmente der vegetativen Innervation nicht mit denen der sensiblen übereinstimmen. Die vegetativen Segmente sind um so mehr von den sensiblen entfernt, je weiter wir kopf- oder steißwärts gelangen. Trotzdem weist das spinale vegetative Zentrum eine strenge segmentale Gliederung auf, die von BRÜCKE (1958) folgendermaßen beschrieben wird:

Th 1 bis 8 (hauptsächl. 1 bis 4)	über das Ganglion stellatum zur oberen Extremität
Th 4 bis 8	über entsprechende Grenzstranggangliен zu Thorax und Abdomen bis zum Nabel
TH 9 bis L 2	über entsprechende Grenzstranggangliен bis zum unteren Abdomen und den Beinen

Ähnliche Aufzeichnungen über die segmentale Gliederung finden sich bei FOERSTER, THOMAS-ANDRÉ und MONIER. Nach Umschaltung auf das postganglionäre Neuron verlassen die vegetativen Nervenfasern als markarme Rami communicantes grisei die Grenzstranggangliен und verlaufen zusammen mit den sensiblen Nerven in die Peripherie. Teilweise ziehen sie auch entlang der Gefäßwände. In der Peripherie findet man diese gemischten vegetativen und sensiblen Nerven in der Subcutis, von der aus sie in die Cutis einstrahlen. Dort sind diese gemischten Nerven von einer röhrenförmigen, mit seitlichen Öffnungen versehenen Hülle umgeben, aus deren Öffnungen sowohl sensible als auch vegetative Nervenenden austreten (JABENERO). Nach diesem Verfasser stehen postganglionäre Fasern und vegetative Endformationen in inniger Beziehung. Die

postganglionären Fasern strahlen in das Protoplasma der vegetativen Endformation ein. Diese bildet ein Syncytium, das sich von der Subcutis bis zur Epidermis erstreckt und an den Hautanhangsgebilden besonders dicht ausgeprägt ist (JOHN, JABANERO, STÖHR jr. ORMEA, RICHTER, THIES). Über die Endigungsweise an den Erfolgsorganen herrscht keine Einigkeit. Die meisten Autoren nehmen an, daß der Reiz nicht durch direkte Erregung, sondern durch chemische Stoffe übertragen wird ("Plexiforme Synapse" nach JABANERO). Auf Grund histochemischer Untersuchungen ist es wahrscheinlich, daß bei ausschließlich sympathischer Innervation der Haut verschiedene Überträgerstoffe existieren (THIES 1959). Das bedeutet speziell für die Innervation der Schweißdrüsen: Die Innervation ist rein sympathisch, aber cholinerg und andrenerg. Der cholinerge Überträgermechanismus dient der Anregung der Schweißsekretion, der adrenergische hat wahrscheinlich Bedeutung für die aktive Austreibung des Schweißes.

3. Versuche, die zu "objektiven" Sensibilitäts-Testen führten

Diese Versuche beginnen bei LUCHSINGER, der 1877 feststellte, daß es bei Durchtrennung der Nn. medianus und ulnaris bei der Katze zu Ausfällen der zentral erregbaren Schweißsekretion kommt. Bei Reizung der distalen Nervenstümpfe ließ sich jedoch die Schweißabsonderung wieder in Gang bringen.

Schon 1886 beschreibt v.RENZ die Verknüpfung von sensibler und vegetativer Innervation der Haut beim Menschen und leitet daraus als erster seinen Versuch einer "objektiven" Methode zur Sensibilitätsprüfung ab. 1890 schreibt TARCHANOW "Über galvanische Erscheinungen in der Haut des Menschen bei Reizungen der Sinnesorgane und bei verschiedenen Formen der psychischen Tätigkeit". Er stellt Betrachtungen über galvanische Erscheinungen an der Haut unter psychischer und mechanischer Belastung an und führt diese auf vermehrte Schweißsekretion bei obigen Bedingungen zurück. VERAGOUTH (1908) nennt dieses Phänomen der verstärkten Schweißsekretion und der daraus entstehenden galvanischen Erscheinungen das "psychogalvanische Phänomen". Diese Versuche sind insofern von Wichtigkeit, da aus ihnen eine Form des "objektiven" Sensibilitäts-Testes entwickelt wird, der sich von allen anderen im gedanklichen Aufbau unterscheidet. 1915 ist es DIEDEN, der darauf hinweist, daß nur bei Durchtrennung sensibler Nerven eine Anhydrosis in deren Versorgungsgebiet eintrete, während eine solche bei rein motorischen Nervenläsionen nicht beobachtet werden könne. HEZEL & VOGT berichten 1917 über die Folgen der Läsion peripherer Nerven: "Von sekretorischen Störungen beobachtet man so-

wohl Hyper- als auch Hyp- und Anhydrosis, letztere regelmäßig in Fällen totaler Durchtrennung eines Nerven, die Hyperhydrosis nur bei partiellen Schäden". ZIERL (1920) sowie GUTTMANN & LIST (1928) beschreiben ebenso Hyperhydrosis bei reinen irritativen Prozessen, wie Quetschungen und Zerrungen von sensiblen Nerven. 1928 fand MINOR mit seiner neuen Darstellung für die Schweißsekretion - der Jod-Stärke-Methode - die von den oben genannten Autoren beschriebenen Zusammenhänge zwischen Schweißsekretion und Sensibilität bestätigt. Gleichzeitig belegt BRAEUCKER experimentell durch Novocainblockaden, daß die "Schweißnerven" mit den sensiblen Nerven verlaufen und sich erst kurz vor Erreichen ihrer Endorgane von diesen abzweigen könnten. GUTTMANN & LIST (1928) demonstrieren mit MINORs Methode, daß bei länger bestehender Analgesie im gleichen Gebiete weder zentral mit Salicylsäure noch peripher mit Pilocarpin Schweißsekretion zu erregen sei. Sie beobachten um das anhydrotische Gebiet eine "periläsionäre" Hyperhydrosis und stellen einen engen Zusammenhang zwischen Schweißabsonderung und Sensibilität fest. Sie fanden bei Hypästhesie eine Hypohydrosis, bei Hyperästhesie eine Hyperhydrosis. GUTTMANN meint sogar, daß eine normale Schweißsekretion eine völlig wiederhergestellte Sensibilität erfordere (1931). Ähnliche Parallelität zwischen Schweißabsonderung und Wiederherstellung des Hautgefühls nach Nervennaht finden FOERSTER 1929 u.a. Über die Abhängigkeit der Schweißdrüsentätigkeit von der lokalen Durchblutung, die teilweise bei Schweißmessverfahren als Einwand vorgebracht wurde, ist bei LUCHSINGER und DIEDEN experimentell gearbeitet worden. Beide kommen übereinstimmend mit ÖNNE 1962 und MONIER 1963 zu dem Schluß, daß die Schweißsekretion von der peripheren Durchblutung unabhängig sei.

IV. DARSTELLUNG VERSCHIEDENER METHODEN ZUM NACHWEIS DER SCHWEISSEKRETION

Zur Prüfung und Darstellung der Schweißsekretion sind von den einzelnen Fachrichtungen (Pharmakologie, Physiologie, Dermatologie, Handchirurgie) verschiedenste Methoden entwickelt worden, von denen einige wesentliche dargestellt werden sollen. Diese werden nach Art der Durchführung folgendermaßen aufgeteilt:

1. Feuchtigkeitsmessung mit dem Haarhygrometer

SCHWENKENBECHER beschreibt 1903 eine recht einfache Versuchsanordnung: Er legt die zu untersuchende Person in einen am Hals dicht abschließenden Kasten. Durch zwei Öffnungen an den gegenüberliegenden Längsseiten läßt er Luft über ein Haarhygrometer streichen. Aus der Differenz der abgelesenen Feuchtigkeitswerte und der durchgeblasenen Luftmenge berechnet er die abgegebene Hautfeuchtigkeit.

2. Optische Methoden

Das einfachste Verfahren ist das Betrachten der austretenden Schweißtröpfchen mit der Lupe bei schräger Beleuchtung, wie sie von EBBECKE beschrieben wird. Ebenso arbeiteten LUCHSINGER, DIEDEN u.a. 1912 beschreibt PARISSIUS eine Methode, die Schweißsekretion mit dem Kapillarmikroskop zu beobachten (s. auch OSTERTAG 1934). JÜRGENSEN (1924) entwickelt zur Vervollständigung dieser Methodik eine "selektive Anfärbung" der Schweißdrüsenausführungsgänge.

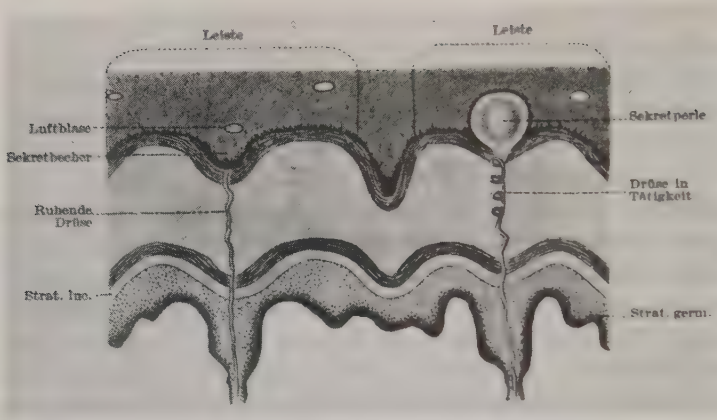


Abb. 3 Beobachtung der Schweißsekretion unter dem Kapillarmikroskop bei selektiver Anfärbung der Schweißdrüsenausführungsgänge (nach JÜRGENSEN 1924)

Er betupft die Haut mit Cedernöl, in dem er feinste Farbstiftpartikel suspendiert hat. Diese sinken herab und färben zunächst die ganze Haut an. Dort, wo nun die Schweißperlen austreten, wird die Farbe verdrängt und es entsteht so ein sehr deutliches und eindrucksvolles Bild.

Eine sehr originelle Methode stellt die von SATURMAN & THOMPSON angegebene Verwendung eines durchsichtigen Kunstharzes dar. Sie bringen diesen Kunststoff flüssig auf die Haut und lassen ihn eintrocknen. Nachdem er so entstandene Film getrocknet ist, wird er von der Haut entfernt und unter dem Mikroskop betrachtet. Follikuläre Hautöffnungen sind als sternförmige Punkte zu erkennen, die zwischen den Hautleisten liegen, die tätigen Schweißdrüsen durchlöchern den Film.

3. Gravimetrische Methoden

Eine sehr genaue, aber recht komplizierte Art der Messung der Schweißsekretion stellen die gravimetrischen Methoden dar. KUNO verwendet eine Zelluloidkapsel von 20 ccm Inhalt, mit der er die zu untersuchende Hautfläche abdeckt. Durch diese Kapsel wird ein kontinuierlicher, vorgetrockneter Luftstrom geblasen, der auf der anderen Seite durch Calciumchlorid geleitet wird. Das dort

absorbierte Wasser wird nach Beendigung des Versuches gewogen. Sehr gute Ergebnisse erzielte R.SCHMID. Er verwendet im Prinzip das gleiche Verfahren, nur nimmt er Stickstoff, den er durch die Kapsel bläst und als hygroskopischen Stoff Phosphorpentoxyd. HEERD & OHARA verwenden zur Wägung der abgegebenen Hautfeuchtigkeit eine elektronische Mikrowaage.

4. Chemische Verfahren

Die chemischen Verfahren zur Darstellung des Schweißes lassen sich aufteilen in solche, bei denen nur die Feuchtigkeit nachgewiesen wird und in solche, bei denen die Reaktion auf besonderen Bestandteilen des Schweißes beruht.

a) Nachweis der Feuchtigkeit

Das älteste Verfahren, das wohl gebraucht wurde, ist nicht das immer zitierte von MINOR. v. RENZ beschreibt etwa 40 Jahre vorher seinen Versuch: Er reibt die Haut mit Kaliumjodit ein, dann tränkt er sie mit einer Stärkelösung und läßt diese eintrocknen. Jetzt versucht er, durch Bestreichen der zu untersuchenden Hautfläche mit einer Anode das Jodit zu Jod zu oxydieren und eine Blaufärbung an den schwitzenden Stellen zu erhalten.

1928 veröffentlicht dann MINOR seine Nachweismethoden. Zunächst hatte er Rhodamin gebraucht, das er auf den Körper auftrug und das bei Feuchtigkeit einen Farbumschlag von grün nach rot zeigte. Bessere Ergebnisse erzielte er bei Benetzung der zu untersuchenden Körperstellen mit einer Lösung aus

Jodi pur.	15,0
Olii ricini	100,0
Spiritus vini	900,0

die er anschließend mit Stärkepuder bestreut, nachdem diese eingetrocknet war. Er erhielt sehr eindrucksvolle Bilder, die er photographisch festhielt (s. Abb. 4).

Nach der gleichen Methode arbeiten GUTTMANN & LIST 1928. 1937 verwendet GUTTMANN einen Puder aus

Chinizarin-2-6-disulfonsaures Natrium	35,0
Natr. carb. pulv.	30,0
Amyl. oryzae	60,0

das er mit einem Wattebausch dünn auf die Haut auftrug. Dieses Gemisch zeigt an Stellen aktiver Schweißsekretion eine dunkelblau-violette Verfärbung.

Ein anderer Mechanismus liegt der Methode von RIEDER & NEUMANN zu Grunde. Sie verwenden die sog. Tintenreaktion:

Fer. sulf. sicc. pulv. sbt.	
Acid. tannic. pulv. sbt. āā	5,0
Zinci. oxyd.	
Talcum āā	20,0

Davon werden 20 g geschüttelt in

Ol. arachit.	10,0
Aether sulf.	
Alcohol 96 % āā ad	100

Diese Lösung wird eingepinselt und gibt mit Wasser eine blauschwarze Farbe.

1950 gibt MANUILA die Brom-Phenol-Blau-Reaktion an. Er verwendet ein Gemisch aus

Brom-Phenol-Blau	5,0
Natrium Carbon.	15,0
Stärke	40,0
Taraganth.	40,0

das von BOYMOND entwickelt wurde.

Das in der Literatur beschriebene "Druck-Testen" führten MANUILA & ISLER 1950 ein. Sie verwandten durchsichtigen Klebestreifen, den sie mit einem Gemisch aus drei Teilen Ferrozyankali und einem Teil Ferrisulfat bestreuten. Bei Anwesenheit von Wasser auf der aufgedrückten Haut reagieren beide Bestandteile mit der Bildung von Preussischblau. BRUN & FAVRE entwickelten daraus ein quantitativ auswertbares Verfahren.

b) Methoden, die einen typischen Bestandteil des Schweißes nachweisen

AUBERT stellt schon 1877 das im Schweiß enthaltene Kochsalz colorimetrisch dar. Nach der gleichen Methode arbeiten METZNER 1907 und KADATZ 1950: Auf eine Hautstelle wird ein Filterpapier von 5 cm Durchmesser aufgelegt, das die Schweißtröpfchen aufsaugt. Dieses wird von der Haut abgenommen und einige Minuten in 0,5 %iger Silbernitratlösung getränkt und dann belichtet. Dabei entstehen auf dem Filterpapier schwarzbraune Pünktchen aus zu Silber reduziertem Silberchlorid, die den Ausführungsgängen der Schweißdrüsen entsprechen. Dieser Schweißnachweis findet in der Pädiatrie als SCHWACHMANN-Test Anwendung zur Diagnostik der Mucoviscidose. Ein anderes Verfahren gibt ROZENTAL 1935

an. Er weist die im Schweiße emulgierten Fettbestandteile mit einer Lösung aus Sudan III in Chloroform und Methylenblau in 95 %igem Spiritus nach. Das Sudan III wird von den fettigen Bestandteilen aufgenommen, das Methylenblau von den wässrigen. Aus dieser Entmischung ergibt sich ein Farbumschlag des vorher blau-violetten Farbtones in einen lehmbraunen. Dieser schlägt aber bei stärkerer Schweißsekretion oder bei längerer Einwirkungsdauer wieder in blau um. Auf diese Weise sind große örtliche Unterschiede sofort in der ersten Phase feststellbar, feinere Unterschiede zeigen sich dann erst in der zweiten Phase.

Eine dritte Methode ist der von ODÉN & HOFSTEN für kriminologische Zwecke entwickelte Nachweis der Aminosäuren im Schweiß. Er beruht auf der Färbung von Ninhydrin bei Anwesenheit von Aminosäuren unter Bildung eines komplexen Farbstoffes. MOBERG modifizierte 1958 dieses Verfahren zu dem bekannten Ninhydrin-Test.

5. Elektrische Messverfahren

Elektrische Apparaturen zur Registrierung der Schweißabsonderung beruhen fast alle auf einer Widerstandsänderung des elektrischen Stromes, entweder durch Erniedrigung des Hautwiderstandes durch das von den Schweißdrüsen abgegebene Wasser und deren Elektrolyte, oder durch die Widerstandsänderung, die nur das Wasser an Halbleitern hervorruft.

1890 entwickelt TARCHANAW ein Verfahren, bei dem er mit unpolarisierbaren Elektroden an zwei verschiedenen Körperstellen eine Potentialdifferenz mittels eines feinen Galvanometers registriert. Er stellt fest, daß die Hautstellen, bei denen die Schweißdrüsen dichter angelegt sind und bei denen eine stärkere Sekretion auftritt, gegenüber den anderen elektrisch negativ sind. Er beobachtet einen zu den Schweißdrüsen hinfließenden Hautstrom. 1907 hat VERAGOUTH dieses wieder aufgenommen, verwendet aber jetzt einen Hilfsstrom von zwei Batterien (2,4 Volt) und ein Spiegelgalvanometer, dessen Ausschläge er photographisch registriert. Er führt praktisch eine Hautwiderstandsmessung bzw. eine Bestimmung der Hautleitfähigkeit durch. VERAGOUTH nimmt als Elektroden Nickelstäbe in Form von Griffelektroden oder zum Auflegen auf andere Körperstellen Nickelplatten von 5 cm Durchmesser. Er nennt die beobachteten Erscheinungen, daß besonders an der Hand bei psychischer Belastung erhöhte Schweißsekretion auftritt, "psychogalvanisches Reflex-Phänomen". Ähnliche Beobachtungen macht 1913 LEVA. Er benutzt unpolarisierbare Zink-Zinksulfat-Elektroden an der VERAGOUTH'schen Apparatur. K.D.HEINES gebraucht ebenfalls unpolarisierbare Flüssigkeitselektroden; der Widerstand wird mittels

Abb. 4 Beispiele für die Anwendung der Jod-Stärke-Methode an der Hand (nach MINOR 1928)

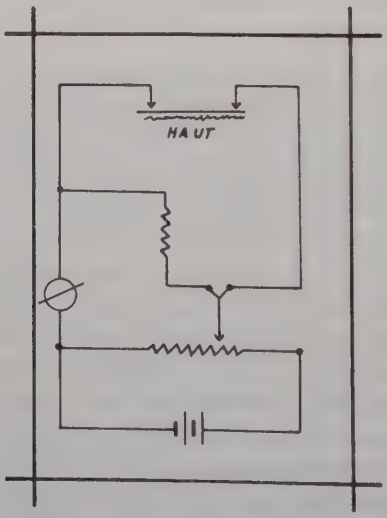


Abb. 5 Messung des Hautwiderstandes mittels unpolarisierbarer Elektroden und Kompensationsschaltung (nach K. D. HEINES 1951)

einer Kompensationsschaltung gemessen (Abb. 5).

1939 entwickeln GREUER & PEUKERT zu dermatologischen Zwecken ein Gerät zur Hautfeuchtigkeitsmessung, dessen Prinzip in der Widerstandsänderung eines Halbleiters bei Feuchtigkeitsaufnahme besteht. Sie konstruierten eine geschlossene Messkapsel mit konstantem Rauminhalt, in der sich der Halbleiter, zunächst ein mit Salzsäure getränktes Filterpapier, später ein Kaliumbromid-Kristall, befand. Diese Messkapsel wird der Haut aufgesetzt und die über der Fläche in das Kapsellumen verdunstende Flüssigkeit wird unabhängig von der äußeren Luftfeuchtigkeit registriert. Gemessen wird die Widerstandsänderung von Halbleitern oder Kristallen, die in einen Stromkreis eingeschlossen sind; abgelesen wird die Änderung der Stromstärke im Stromkreis. GREUER & PEUKERT berichten über Arbeiten von DARROW, der als Halbleiter mit Calciumchlorid getränkte Seidenfäden oder Glasfäden verwendet, mit einer hygroskopisch leitenden Flüssigkeit benetzt, bestehend aus

Glycerini	1,0
Natr. sulf.	5,0
Aqua dest. ad	50,0

Die Widerstandsänderung wird mit einer Wheatston'schen Brückenschaltung gemessen. Eine etwas abgewandelte Form beschreibt BETZ 1955. Er läßt durch die Messkapsel, die als Halbleiter ebenfalls einen Kalium-Bromid-Kristall enthält, vorgetrocknete Luft streichen.

REGELSBERGER benutzt für die "Dermometrie" oder auch "Elektro-Dermatographie" einen Stromdurchgangsmesser zur verschiedenen Widerstandsbestimmung der Haut bei starker Perspiratio insensibilis. DENZEL; STEINWACHS, BRECHT & DEININGER arbeiten mit einem von BOUCKE 1951 konstruiertem Gerät, das den Übergangswiderstand der Haut zwischen zwei Elektroden in Ohm mißt und fortlaufend registriert. Dieses wird von Wechselstrom mit einer Frequenz von 380 Hz betrieben. PRICE, KNORR & WRIGHT beschreiben ein Gerät, mit dem die Hautleitfähigkeit fortlaufend gemessen, elektronisch verstärkt und topographisch genau auf eine "Karte" der verschiedenen Hautwiderstände des Körpers übertragen wird.

V. VERFAHREN, DIE ZUR "OBJEKTIVEN" SENSIBILITÄTS-PRÜFUNG BENUTZT WURDEN

Von den bisher beschriebenen Verfahren zum Schweißnachweis wurden folgende speziell als "objektive" Sensibilitäts-Teste verwandt: v.RENZ benutzte als erster seine Jod-Stärke-Methode zum Nachweis mangelnder Sensibilität bei einem Patienten mit einer Läsion des N.cutaneus femoris posterior, hatte dabei aber keinen Erfolg. Das Misslingen seines Versuches dürfte darauf zurückzuführen sein, daß an der Oberschenkelhinterseite die Schweißsekretion im Verhältnis zu den Händen besonders gering ausgeprägt ist.

1897 berichtet STICKER über "Versuche einer objektiven Darstellung von Sensibilitäts-Störungen". Seine Experimente beruhen auf den Ergebnissen TARCHANOWs, dessen Apparatur er ebenfalls verwandte. Ähnlichen gedanklichen Aufbau zeigt die "Objektive Kontrolle sensibler Bahnen", die VERA-GOUTH vornimmt.

MINORs Jod-Stärke-Methode wird von ihm und mehreren anderen Autoren zur Beobachtung sensibler Ausfallserscheinungen benutzt. GUTTMANN beschreibt 1937 speziell zur Sensibilitäts-Prüfung den Chinizarin-Test.

Der Jod-Stärke-Test wurde von RANDALL (1946) und von DOLE & THAYSEN (1953) dahingehend abgeändert, daß RANDALL die Stärke in Papier brachte, so daß das Papier nur auf der mit alkoholischer Jodlösung bestrichenen Haut abgedrückt zu werden brauchte. DOLE & THAYSEN präparierten das Papier auch noch mit Jod. Damit war es möglich, die Schweißdrüsenausführungsgänge auf dem Papier sofort sichtbar zu erhalten, nachdem man dieses auf der Haut abgedrückt hatte. Dasselbe Verfahren verwendet MOBERG speziell für die Prüfung der Sensibilität an den Fingerbeeren, von ihm Finger-Printing-Test genannt.

Die von ODÉN & HOFSTEN angegebene Ninhydrin-Probe wandelt MOBERG ebenfalls zum Finger-Abdruck-Test ab: Auf einen Streifen leimfreien Papieres werden die Fingerkuppen gedrückt. Der Papierstreifen wird danach in einer Lösung aus Ninhydrin, Aceton und Eisessig entwickelt, wobei die aufgesaugten Schweißtröpfchen auf Grund der Farbstoffreaktion als farbige Pünktchen dargestellt werden. Wenn der Test nach einigen Tagen fixiert worden ist, bleibt er unbegrenzt haltbar; im Gegensatz zum Jod-Stärke-Test, der sich nicht fixieren läßt und zur längeren Dokumentation photographiert werden muß.

KOS & LATANYI haben eine weitere Abwandlung des Ninhydrin-Testes vorgenommen, nach ihrem speziellen Verfahren sind sie in der Lage, das Ninhydrin direkt dem Papier beizugeben.

VI. DIE PRÜFUNG EINES NEUEN VERFAHRENS ZUM "OBJEKTIVEN" NACHWEIS VON SENSIBILITÄTS-STÖRUNGEN
(eigene Untersuchungen)

1. Das Messgerät

Wir haben zur "objektiven" Sensibilitäts-Prüfung ein von WAGENER 1960 entwickeltes Gerät benutzt. Dieser Apparat zur fortlaufenden Feuchtigkeitsmessung beruht auf der Eigenschaft von Halbleitern, bei Wasseraufnahme ihren elektrischen (Ohm'schen) Widerstand zu ändern. Als Halbleiter wird hier ein mit Litiumchlorid getränkter Gewebestreifen verwandt. Dieser ist in Kunststoffkapseln mit definiertem Rauminhalt zwischen zwei Goldelektroden befestigt. Der Gewebestreifen ist als variabler, von der Hautfeuchtigkeit abhängiger Widerstand einer Wheatston'schen Brücke eingeschaltet. Vor Beginn des Versuches wird die Brücke auf Null abgeglichen. Die nun bei Änderung der Luftfeuchtigkeit in der Kapsel entstehende Änderung dieses Widerstandes verschiebt das elektrische Gleichgewicht der Brücke. Diese Verschiebung des Gleichgewichtes wird elektronisch verstärkt und über ein Registriergerät fortlaufend aufgezeichnet. Durch die

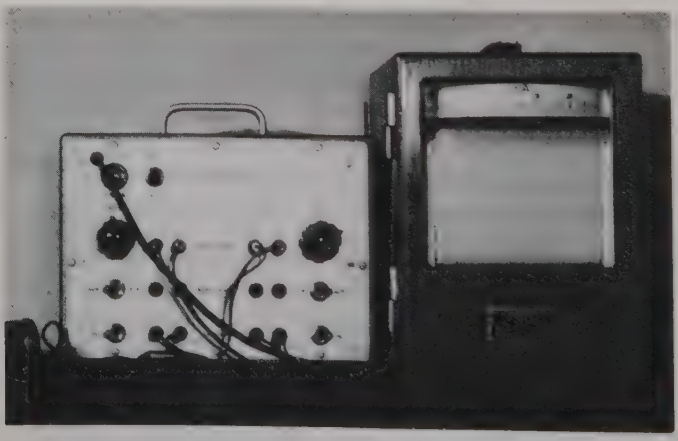


Abb. 6 Verstärkergerät und Zweiphasenpunktschreiber

Schaltung des Gerätes und die Verwendung eines Zweiphasen-Punkt-Schreibers gestattet dieses die gleichzeitige Messung und Registrierung an verschiedenen Hautstellen. Die Messkapseln garantieren, daß nur die von der Haut abgegebene Feuchtigkeit, die unter den Kapseln zur Verdunstung gelangt, gemessen wird. Irgendwelche im Schweiß gelösten Bestandteile können die Messung nicht beeinflussen. Der Kontakt des Messelementes mit der Haut wird vermieden. Die Messkapsel kann beliebig lange und oft gebraucht werden.

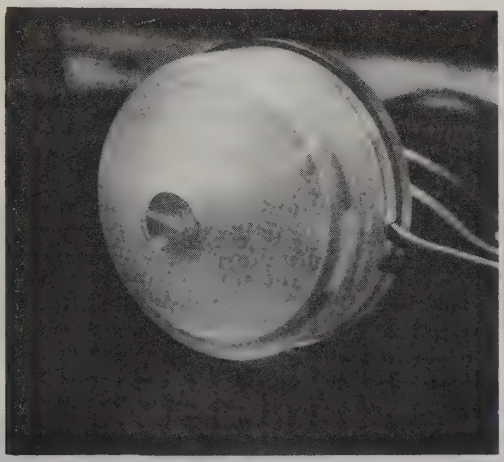


Abb. 7 Messkapsel in der Abwandlung nach SIMON

Die von WAGENER angegebenen Messkapseln wurden von SIMON so abgewandelt, daß die Kapselöffnungen nur noch einen Durchmesser von 8 mm haben, um sie speziell zur Feuchtigkeitsmessung an den Fingerbeeren verwenden zu können. Zum Vergleich der Feuchtigkeitsabgabe zweier verschiedener Hautareale muß der Ausgangswert der Kapsel vorher aufeinander abgeglichen werden. Der Gleichlauf der beiden Messkapsel und der Anstieg der Messkurven bei steigender und sinkender Luftfeuchtigkeit soll durch die folgende Abbildung dargestellt werden:

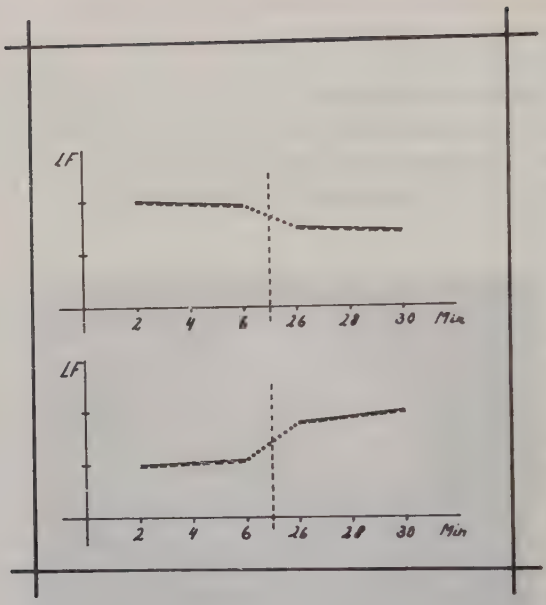


Abb. 8 Demonstration des Gleichlaufs der Messkapseln. (Kapsel I - - -, Kapsel II ———) im Leerversuch. Obere Kurve: Senkung der relativen Luftfeuchtigkeit von 57 auf 55 % innerhalb von 30 Minuten, Temperatur 21 Grad. Untere Kurve: Anstieg der Luftfeuchtigkeit von 47 auf 51 % innerhalb von 30 Minuten, Temperatur 22 Grad.

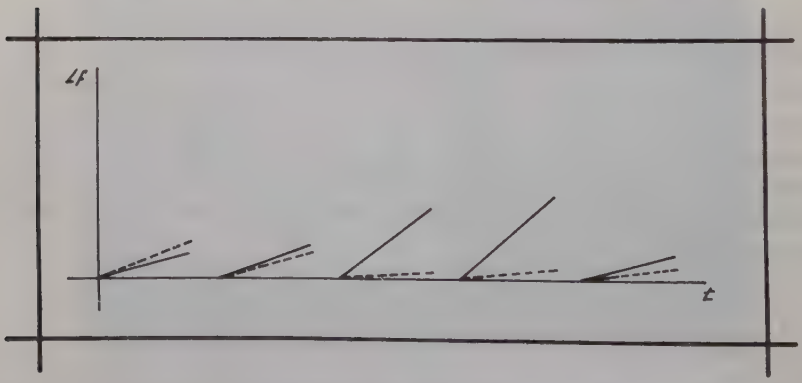


Abb. 9 Simultane Aufzeichnung der Kurven korrespondierender Finger einer Versuchsperson (Kapsel I - - -, Kapsel II ———)

2. Aufgabenstellung

Wie eingangs schon geschrieben, sollte die Möglichkeit einer evtl. klinischen Verwendung dieses Gerätes zur Durchführung von "objektiven" Sensibilitäts-Testen anhand einer größeren Versuchsreihe geprüft werden.

Das grundlegende Prinzip unserer Versuche liegt in der strikten Einhaltung des Rechts-Links-Vergleiches korrespondierender Stellen der Fingerbeeren. Auf Grund der technischen Beschaffenheit des Gerätes können simultan gut vergleichbare Kurven aufgezeichnet werden (Abb. 9).

Wir ließen unsere Versuchspersonen gleichzeitig möglichst entsprechende Teile ihrer Fingerbeeren auf die Öffnungen der zwei Messkapseln legen, oder hielten ihnen diese in folgender Form auf die Fingerkuppen:

Abb. 10

Zunächst haben wir an 50 gesunden Personen mit insgesamt 249 Fingerpaaren den Seitenvergleich durchgeführt, um die Streubreite der physiologischen Seitenabweichung der Schweißsekretion bei Gesunden beurteilen zu können. Zusätzlich wurden 46 Personen mit Durchtrennung des N. medianus, N. ulnaris oder einzelner volarer Fingernervenpaare getestet. Waren auf der verletzten Seite einzelne Finger nicht in der Sensibilität geschädigt, wurden diese auch mit den korrespondierenden Fingern der anderen Hand verglichen. Hierbei galt es festzustellen, ob gegenüber völlig gesunden Händen an den gesunden Fingern verletzter Hände evtl. kompensatorische Unterschiede auftreten.

Finger, bei denen nur ein volarer Nerv durchtrennt war, wurden wie alle anderen in der Mitte der Fingerbeere gemessen. Wegen einer evtl. periläsionären Hyperhydrosis (GUTTMANN & LIST) werden sie als "Grenzfinger" (bei Durchtrennung des N. medianus und ulnaris meist der Ringfinger) gesondert behandelt.

3. Methodik der Auswertung

Die Kurven werden folgendermaßen ausgewertet: Von den Kurven I (re.) und II (li.) der beiden Seiten wurde nach einer Laufzeit (t) von drei Minuten das Verhältnis ihrer beiden Anstiege, $A_1 = l_1 : t$ und $A_2 = l_2 : t$ gebildet.

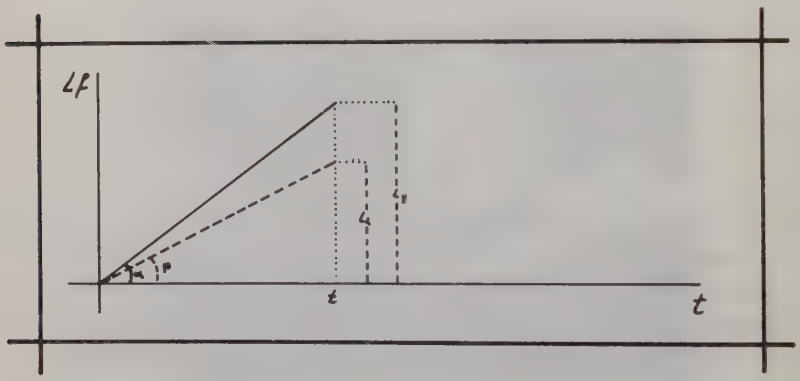


Abb. 11

Da bei gleicher Laufzeit der Zeitfaktor (t) entfällt, ergibt sich für das Verhältnis der Anstiege $A_1 : A_2 = l_1 : l_2$. Dieses Verhältnis $l_1 : l_2$ oder der Anstieg rechts zu Anstieg links ist jedoch bei gesunden Personen nicht normal verteilt. Nach Berechnung der relativen Abweichung beider Kurven $(l_1 - l_2) : (l_1 + l_2)$, die ebenfalls nicht normal verteilt waren, ergab sich, daß die dekadischen Logarithmen des Verhältnisses $A_1 : A_2$ um einen häufigsten Wert von 0,0000 normal verteilt sind (Abb. 12).

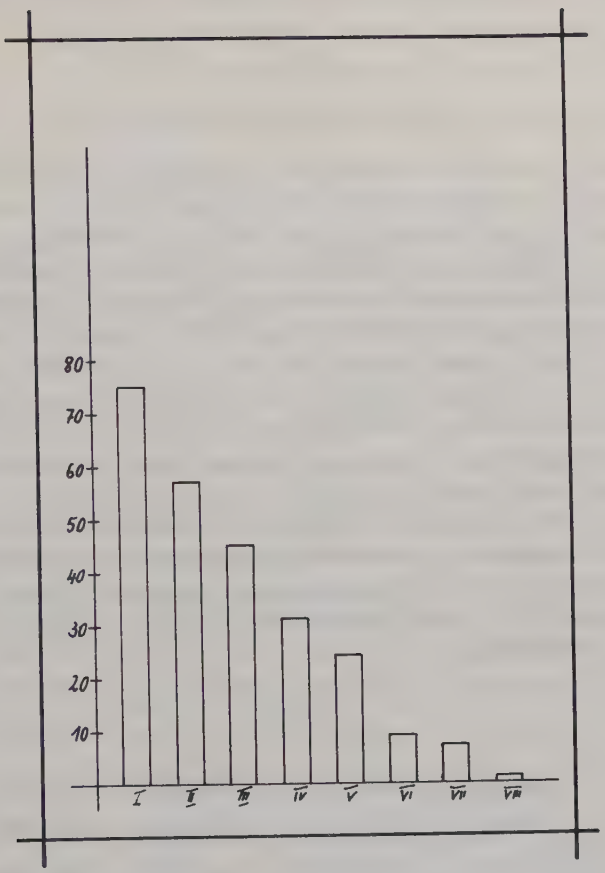


Abb. 12 Verteilung der Indizes lg $(l_1 : l_2)$
Ordinate: Anzahl der Werte
Abszisse: Gruppe I 0,0000 bis 0,0499
" II 0,0500 bis 0,0999
" III 0,1000 bis 0,1499 usw.

Dieser Wert entspricht einem Verhältnis $l_1 : l_2 = 1 : 1$, was bedeutet, daß beide Kurven völlig gleich verlaufen. So wurde dieser Wert lg $(l_1 : l_2)$ = lg l_1 - lg l_2 für sämtliche durchgeführten Untersuchungen als Maßzahl für den Seitenvergleich verwandt. Es wurde bei allen Berechnungen dieses Index' l_1

für die Seite der stärkeren, l_2 für die der verminderten Schweißabsonderung gewählt.

4. Zusammensetzung des Untersuchungsgutes

Die für die vorliegende Arbeit notwendigen Testpersonen setzten sich folgendermaßen zusammen: Von 50 Gesunden im Alter von 14 bis 52 Jahren waren 37 Männer und 13 Frauen, davon 48 Rechts- und zwei Linkshänder. 32 Personen gingen einer schweren Handarbeit nach, bei denen mit einer groben Beschwielung der Hände zu rechnen wäre. Da es jedoch größtenteils Patienten der Klinik waren, die wegen anderer Verletzungen schon längere Zeit nicht mehr beruflich tätig waren, war die Beschwielung auch nicht mehr stark ausgeprägt. 18 Probanden waren Schüler, Studenten oder aus Berufen, die mit keiner größeren mechanischen Belastung der Hände einhergehen. Bei den 46 Verletzten fanden sich 41 Männer und 5 Frauen im Alter von 18 bis 63 Jahren. Von diesen hatten 10 eine Durchtrennung des N.ulnaris, 14 eine des N.medianus, 9 solche des N.medianus und ulnaris und 13 Verletzungen einzelner Fingernerven. Die Auswahl der Verletzten erfolgte unter dem Gesichtspunkt der subjektiven Sensibilitäts-Ausfälle. Es finden sich entsprechend des Krankengutes der Klinik zum überwiegenden Teil frische Verletzungen oder solche, die nicht länger als ein halbes Jahr zurückliegen.

Tab.I

Unverletzte Personen

Numerisches Verhältnis der Anstiege der Kurven korrespondierender Finger

$l_1 : l_2$ bzw. $l_2 : l_1$

Lfd. Nr.	Daumen re:li	Zeigef. re:li	Mittelf. re:li	Ringf. re:li	Kleinf. re:li
1	25,0:25,0	58,0:58,0	59,0:63,0	63,0:66,0	58,0:62,0
2	4,0: 4,0	4,0: 6,0	2,5: 3,5	3,0: 2,0	1,0: 2,0
3	33,0:22,0	31,0:25,0	42,0:42,0	30,0:32,0	31,0:22,0
4	6,0: 7,0	1,5: 1,5	3,0: 4,0	1,0: 1,0	2,0: 2,0
5	7,0:10,0	14,0:12,0	14,0:20,0	8,0:14,0	7,0:10,0
6	82,0:74,0	79,0:64,0	81,0:76,0	77,0:64,0	76,0:64,0
7	7,0:13,0	3,0: 5,0	15,0:17,0	7,0:14,0	6,0: 5,0
8	8,0:12,0	6,0: 5,0	4,0: 4,5	4,0: 2,5	4,0: 3,0
9	37,0:55,0	41,0:48,0	58,0:63,0	46,0:53,0	31,0:22,0
10	1,0: 2,0	2,0: 2,0	4,5: 3,0	2,0: 1,0	1,0: 1,0
11	6,0:11,0	23,0:34,0	32,0:35,0	29,0:30,0	31,0:30,0
12	11,0:15,0	11,0:19,0	15,0:17,0	13,0:13,0	8,0: 9,0
13	10,0: 6,0	7,0: 8,0	4,0: 4,0	3,0: 3,0	3,0: 2,5
14	26,0:33,0	15,0:25,0	11,0: 8,0	25,0:17,0	9,0:14,0
15	14,0:10,0	7,0:11,0	5,0: 6,0	8,0: 8,0	5,0: 4,0
16	20,0:13,0	11,0:16,0	14,0:19,0	15,0:25,0	10,0:18,0
17	13,0:13,0	20,0:20,0	20,0:29,0	32,0:25,0	16,0:17,0
18	27,0:23,0	30,0:22,0	39,0:23,0	36,0:24,0	36,0:35,0
19	21,0:15,0	15,0:16,0	13,0:12,0	16,0:10,0	11,0:10,0
20	4,0: 3,0	3,0: 5,0	6,0: 6,0	5,0: 5,0	5,0: 5,0
21	18,0:23,0	13,0:14,0	15,0:19,0	16,0:14,0	17,0:17,0
22	16,0:18,0	23,0:20,0	18,0:21,0	12,0:17,0	11,0:13,0

Lfd. Nr.	Daumen re:li	Zeigef. re:li	Mittelf. re:li	Ringf. re:li	Kleinf. re:li
23	51,0:40,0	44,0:31,0	40,0:30,0	69,0:69,0	23,0:20,0
24	27,0:19,0	33,0:28,0	44,0:42,0	38,0:36,0	20,0:17,0
25	16,0:16,0	14,0:25,0	29,0:33,0	17,0:17,0	28,0:34,0
26	24,0:32,0	59,0:50,0	61,0:48,0	53,0:32,0	24,0:17,0
27	23,0:26,0	32,0:30,0	31,0:33,0	25,0:17,0	18,0:24,0
28	25,0:23,0	19,0:24,0	20,0:25,0	19,0:27,0	11,0:19,0
29	28,0:29,0	22,0:47,0	42,0:46,0	22,0:42,0	19,0:24,0
30	20,0:17,0	18,0:32,0	19,0:18,0	22,0:21,0	25,0:23,0
31	13,0:17,0	5,0: 8,0	17,0:16,0	23,0:27,0	12,0: 8,0
32	12,0:10,0	12,0:17,0	11,0:14,0	12,0:12,0	24,0:17,0
33	44,0:59,0	53,0:61,0	54,0:39,0	37,0:61,0	40,0:29,0
34	31,0:48,0	39,0:63,0	45,0:58,0	40,0:42,0	24,0:22,0
35	16,0:19,0	15,0:19,0	13,0:14,0	8,0: 7,0	9,0:11,0
36	32,0:53,0	74,0:32,0	59,0:74,0	40,0:30,0	24,0:21,0
37	7,0: 8,0	26,0:38,0	15,0:19,0	11,0:20,0	8,0:16,0
38	11,0:11,0	10,0: 7,0	10,0: 6,0	5,0: 5,0	6,0:12,0
39	13,0:10,0	52,0:35,0	29,0:29,0	29,0:31,0	12,0:12,0
40	15,0:18,0	28,0:19,0	30,0:25,0	32,0:39,0	
41	49,0:43,0	47,0:37,0	60,0:42,0	45,0:41,0	49,0:43,0
42	20,0:17,0	25,0:20,0	31,0:31,0	19,0:21,0	13,0:13,0
43	15,0:15,0	20,0:17,0	20,0:12,0	23,0:38,0	20,0:22,0
44	39,0:66,0	34,0:44,0	49,0:53,0	68,0:57,0	68,0:62,0
45	27,0:17,0	20,0:24,0	54,0:32,0	29,0:21,0	21,0:14,0
46	14,0:16,0	12,0:14,0	15,0:15,0	31,0:24,0	14,0:18,0
47	54,0:59,0	63,0:63,0	61,0:65,0	60,0:67,0	37,0:66,0
48	27,0:18,0	10,0:10,0	18,0:20,0	20,0:18,0	11,0:19,0
49	24,0:21,0	30,0:18,0	43,0:52,0	33,0:51,0	20,0:37,0
50	24,0:25,0	33,0:43,0	25,0:31,0	29,0:33,0	26,0:35,0

Tab.II

Gesunde Versuchspersonen

Verhältnis der Anstiege der Kurven
korrespondierender Finger

Logarithmische Werte: $\lg (l_1 : l_2)$

Werte, bei denen die Sekretion der linken Seite überwiegt, sind mit minus (-) gekennzeichnet.

Lfd.Nr.	Daumen	Zeigef.	Mittelf.	Ringf.	Kleinf.
1	0,0000	0,0000	-0,0269	-0,0177	-0,0269
2	0,0000	-0,1739	-0,1427	0,1761	-0,3010
3	0,1761	0,0934	0,0000	-0,0269	0,1492
4	-0,0655	0,0000	-0,1249	0,0000	0,0000
5	-0,1549	0,0682	-0,1549	-0,2441	-0,1549
6	0,0453	0,0899	0,0294	0,0792	0,0719
7	-0,2676	-0,2218	-0,0555	-0,3010	0,0792
8	-0,1739	0,0792	-0,0506	0,2041	0,1239
9	-0,1739	-0,0655	-0,0362	-0,0605	0,1492
10	-0,3010	0,0000	0,1761	0,3010	0,0000
11	-0,2596	-0,1675	-0,0410	-0,0362	0,0128
12	-0,1367	-0,2366	-0,0555	0,0000	-0,0506
13	0,2227	-0,0555	0,0000	0,0000	0,0792
14	-0,1024	-0,2218	0,1367	0,1673	-0,1938
15	0,1461	-0,1938	-0,0809	0,0000	0,0969
16	0,1761	-0,1612	-0,1308	-0,2218	-0,2518
17	0,0000	0,0000	-0,1612	0,1072	0,0269
18	0,0682	0,1355	0,2304	0,1761	0,0128
19	0,1461	-0,0269	0,0334	0,2041	0,0414
20	0,1239	-0,2218	0,0000	0,0000	0,0000
21	-0,1079	-0,0315	-0,1024	-0,0569	0,0000
22	-0,0506	0,0607	-0,0655	-0,1487	-0,0706

Lfd.Nr.	Daumen	Zeigef.	Mittelf.	Ringf.	Kleinf.
23	0,1038	0,1523	0,1239	0,0000	0,0607
24	0,1523	0,0828	0,0212	0,0212	0,0682
25	0,0000	-0,2518	-0,0555	0,0000	-0,0809
26	-0,1249	0,0719	0,1038	0,2175	0,1492
27	-0,0506	0,0414	-0,0269	0,1673	-0,1249
28	0,0374	-0,1024	-0,0969	-0,1549	-0,2366
29	-0,0132	-0,3279	-0,0410	-0,2840	-0,1024
30	-0,1135	-0,2518	0,0253	0,0212	0,0374
31	0,0682	-0,2007	0,0253	-0,0706	0,1761
32	0,0792	-0,1487	-0,1024	0,0000	0,1492
33	-0,1249	-0,0605	0,1399	-0,2147	0,1399
34	-0,1871	-0,2076	-0,1079	-0,0223	0,0374
35	-0,0757	-0,1024	-0,0315	0,0569	-0,0862
36	-0,2218	0,3636	-0,0969	0,1239	0,0569
37	-0,0555	-0,1612	0,2227	-0,2596	0,3010
38	0,0000	0,1553	-0,1024	0,0000	0,3010
39	0,1139	0,1703	0,0000	0,0269	0,0000
40	-0,0809	0,1673	0,0792	-0,0862	
41	0,0569	0,1038	0,1553	0,0414	0,1492
42	0,0719	0,0969	0,0000	-0,0410	0,0000
43	0,0000	0,0682	0,2227	-0,2147	-0,0410
44	-0,2291	-0,1135	-0,0315	0,0755	0,0414
45	0,2014	-0,0809	0,2279	0,1399	0,1761
46	-0,0362	0,0945	0,0000	0,1106	-0,1079
47	-0,0555	0,0000	-0,0269	-0,0476	-0,2518
48	0,1761	0,0000	-0,0458	0,0212	-0,2366
49	0,0569	0,2227	-0,0809	-0,1871	-0,2676
50	-0,0177	-0,1135	-0,0915	0,0569	-0,1249

5. Untersuchungsergebnisse

a) Untersuchung an 50 gesunden Personen

a. der Seitenvergleich

Die Messung der Schweißabsonderung korrespondierender Fingerbeeren gesunder Personen soll der Abgrenzung und Festlegung der physiologischen Streubreite des Seitenvergleiches dienen.

Bei der Gruppierung der logarithmischen Maßzahlen ergibt sich das Bild einer einseitig normalen Verteilung (Abb. 13).

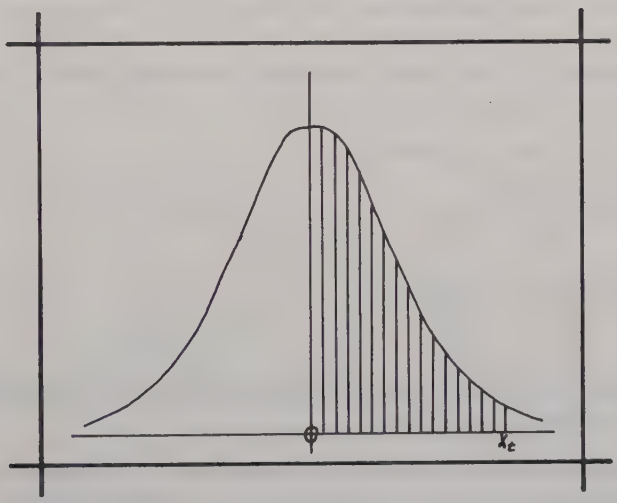


Abb. 13

Um eine Abgrenzung gegenüber den Werten Verletzter finden zu können, ist es notwendig, den Wert x_t zu berechnen, bei dem 95 % des Flächeninhaltes unter der Kurve der Normalverteilung vorliegt. Diesen Wert $x_t = t\ s - \bar{x}$ erhalten wir folgendermaßen: Die Berechnung des Mittelwertes $\bar{x} = \sum x_i : n$

würde in unserem Falle der einseitigen Verteilung keinen sinnvollen Wert ergeben, da wir nur den Wert der Abweichung beider Kurven voneinander suchen, bei dem die Grenze zu den Verletzten liegt. Demzufolge wird eine doppelseitige Verteilung um den Wert Null (entspricht Seitengleichheit der Schweißabsonderung) angenommen und $\bar{x}_t$ für eine 95 %ige Wahrscheinlichkeit nur für die tatsächlich vorliegenden positiven Werte berechnet (rechte Seite der Abb. 13):

$$s^2 = \frac{2 \sum x^2 - \bar{x} \times \sum x}{2n - 1}$$

Da $\bar{x} \times \sum x = 0$ wird

folgt

$$s^2 = \frac{2 \sum x^2}{2n - 1}$$

und

$$s = \sqrt{\frac{2 \sum x^2}{2n - 1}}$$

Fürs s ergibt sich $\underline{0,1349}$

t wird für den Flächeninhalt von 95 % unter der halben Normalverteilung mit $t = 1,65$ der Tabelle entnommen.

da $\bar{x}$ (s. oben) mit 0 angenommen wurde, resultiert $x_t = 0,2225$

Da wir mit logarithmischen Werten des Seitenverhältnisses gerechnet haben, gelangen wir zu einem mit anderen Autoren vergleichbaren numerischen Index des Seitenverhältnisses ($l_1 : l_2$) von

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{1,67}{1} \quad (\lg 0,2225 = 1,67)$$

ÖNNE, KNUDSEN und HERRMANN fanden ähnliche Werte für das Seitenverhältnis aktiv sezernierender Schweißdrüsen an den Fingerbeeren.

b. Einflüsse der Fingerbeschwielung

Wie bereits erwähnt, gingen 32 Versuchspersonen einer schwereren Handarbeit nach. Da die Verschiedenheit der Schweißabsonderung an den korrespondierenden Fingern verhältnismäßig weit gestreut ist, erhob sich die Frage, ob Unterschiede in der Beschwielung darauf einen Einfluß ausüben würden. Die Obengenannten waren wegen ihres längeren Klinikaufenthaltes zu einem genauen Vergleich nicht mehr heranzuziehen. Wir prüften daher, ob bei allen 50 gesunden Versuchspersonen an den am meisten beschwielten Fingern (Daumen und Zeigefinger) und an den übrigen ein signifikanter Unterschied zwischen den Maßzahlen besteht. Die Indizes für Daumen und Zeigefinger einerseits, die der übrigen Finger andererseits wurden zu einander entsprechenden Gruppen geordnet.

Anhand des χ^2-Testes prüften wir, ob beide Gruppen aus der gleichen Grundgesamtheit stammen, oder ob zwischen beiden ein signifikanter Unterschied besteht.

Gruppe		I	II	III	IV	V	VI		
U	x + m	20,00	27,00	18,00	17,00	11,00	7,00	100,00	N_1
	m	30,12	22,89	18,07	12,74	9,64	6,08	99,54	
B	x + m	55,00	30,00	27,00	14,00	13,00	10,00	149,00	N_2
	m	44,89	34,11	26,95	18,55	14,37	10,18	149,05	
Total		75,00	57,00	45,00	31,00	24,00	17,00	249,00	N
		75,01	57,00	45,02	31,29	24,01	16,26	248,59	

$$\chi^2 = \frac{[(x + m) - m]^2}{m}$$

Hieraus folgt:

3,2420	2,2770		
0,7375	0,4951		
0,0003	0,0001		
0,1424	0,1117		
0,2757	0,1307	Sa.	3,0078
0,1392	0,0032		4,5371
4,5371	3,0078		7,5449

$$\chi^2 = 7{,}5449$$

Freiheitsgrade: n = 5
Für n = 5 ergibt sich aus der Tafel eine Wahrscheinlichkeit P für die Übereinstimmung beider Gruppen zwischen 20 und 10 %.
Der Unterschied ist nicht signifikant!

Bei Hautleitwertmessungen kommt KELLER 1929 zum gleichen Ergebnis. Er betont, daß der Seitenunterschied des Hautleitwertes (Hautwiderstand) an den Händen von der Beschwielung unabhängig sei.

c. Berücksichtigung konstitutioneller Merkmale

An der Universitäts-Nervenklinik Tübingen arbeitete DENZEL 1952 über die Schweißabsonderung an reinen Konstitutions-Typen. Bei Hautwiderstandmessungen mit dem oben angeführten Gerät von BOUCKE stellte er bei Leptosomen und Pyknikern beim Seitenvergleich der Fingerbeeren der Mittelfinger ein Lingsüberwiegen der Schweißsekretion fest. Das bewog uns, auch in unserem Material nachzuprüfen, ob überhaupt das Überwiegen einer Seite festzustellen sei. Wir verglichen mit dem χ^2-Test die Fälle, bei denen die Schweißsekretion links und die, bei denen dieselbe rechts überwog (Abb. 14).

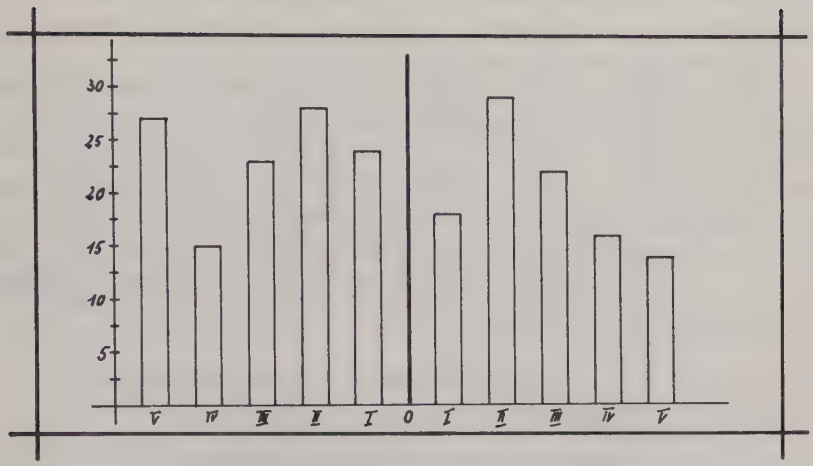


Abb. 14 Verteilung der Indizes $\lg (l_1 : l_2)$
Ordinate: Anzahl der Werte
Abszisse: re. von 0: Werte, bei denen die Sekretion der re. Hand überwiegt
li. von 0: Werte, bei denen die Sekretion der li. Hand überwiegt
Gruppe I 0,0000 bis 0,0499
" II 0,0500 " 0,0999
" III 0,1000 " 0,1499 usw.

Wir ließen uns von dem Gedanken leiten, daß auch ohne Differenzierung nach einzelnen Konstitutionstypen den Aussagen DENZELs zufolge zwangsläufig ein Linksüberwiegen feststellbar sein müßte.

Gruppe		I	II	III	IV	V		
Re.	x + m	18,00	29,00	22,00	16,00	14,00	99,00	N_1
	m	19,24	26,13	20,62	14,21	18,79	98,99	
Li.	x + m	24,00	28,00	23,00	15,00	27,00	117,00	N_2
	m	22,75	30,87	24,37	16,79	22,19	116,97	
Total		42,00	57,00	45,00	31,00	41,00	216,00	N
		41,99	57,00	44,99	31,00	40,98	215,96	

$$\chi^2 = \frac{[(x + m) - m]^2}{m}$$

Hieraus folgt:

0,0799	0,0687		
0,3110	0,2513		
0,0923	0,0770		
0,2256	0,1908	Sa.	1,0470
0,5484	0,4582		1,2572
1,2572	1,0470		2,3042

$$\chi^2 = 2,3042$$

Freiheitsgrade: n = 4
Für n = 4 ergibt sich aus der Tafel eine Wahrscheinlichkeit P für die Übereinstimmung beider Gruppen zwischen 70 und 50 %.
Der Unterschied ist nicht signifikant!

In unserer Untersuchungsreihe fand sich also kein einseitiges Überwiegen der Schweißabsonderung. Wir glauben daher, daß eine Berücksichtigung konstitutioneller Merkmale bei der Auswertung unseres Verfahrens nicht erforderlich ist. Man könnte dem entgegen, daß unter unseren Versuchspersonen keine reinen

Konstitutionstypen gewesen seien. Bei einem Kreis von 50 Personen müßte sich jedoch eine ausreichende Zahl reiner Konstitutionstypen befinden. Sollten auch alle 50 Versuchspersonen von konstitutionellen Merkmalen her Mischtypen gewesen sein, so müßte auch bei diesen - wenn man DENZELs Aussagen berücksichtigt - ein Linksüberwiegen in der Schweißabsonderung der Fingerbeeren feststellbar sein. Die Abweichungen seiner Aussagen beruhen unserer Meinung nach auf der unterlassenen statistischen Auswertung oder darauf, daß er mit einem anderen Verfahren arbeitete. Wenn das andere Verfahren als Grund der Abweichung angegeben würde, so könnte man dies höchstens auf einen Seitenunterschied der im Schweiß gelösten Elektrolyte zurückführen. Damit wäre aber nichts über eine einseitig erhöhte Schweißabsonderung ausgesagt.

b) Untersuchung an 46 verletzten Personen

a. Der Seitenvergleich zwischen verletzten und korrespondierenden unverletzten Fingern

Die Bewertung des Unterschiedes der Schweißsekretion zwischen verletztem und korrespondierendem unverletztem Finger ist insofern schwierig, als sie hauptsächlich von der Menge der Schweißabgabe am gesunden Finger abhängt. Wie anhand der Kurven ersichtlich, ist auch an der verletzten Hand meist noch eine sehr geringe Feuchtigkeitsabgabe feststellbar. Bilden wir das Verhältnis $l_1 : l_2$ des Anstiegs der beiden Kurven, so hängt dieses praktisch nur vom Anstieg der Kurve des gesunden Fingers ab. Deshalb ist es nicht möglich, den Wert der Streuung für diese Gruppen anzugeben (Abb. 15).

Wir beschränken uns im folgenden auf eine Prüfung des Unterschiedes zur Gruppe der Gesunden.

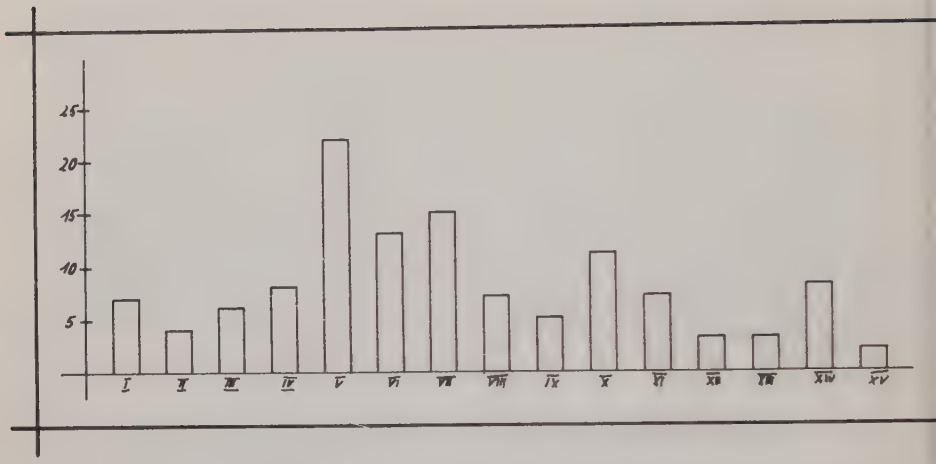


Abb. 15 Verteilung der Indizes lg $(l_1 : l_2)$ verletzter Personen
Ordinate: Anzahl der Werte
Abszisse: Gruppe I 0,0000 bis 0,0999
" II 0,1000 " 0,1999

Zuerst gilt es statistisch nachzuweisen, ob zwischen den Werten der verletzten Finger gegenüber denen der Gruppe unverletzter Personen ein gesicherter Unterschied besteht. Diese Prüfung wurde anhand des U-Testes von H.B.MANN und D.R.WITHNEY durchgeführt. Der Test wird von E.WEBER als eines der schärfsten parameterfreien Prüfverfahren bezeichnet. Nach Ordnung und Placierung der Werte ergibt sich für die Gruppe der Unverletzten

$$R_1 = \underline{32651,5}$$

und für die Verletzten

$$R_2 = \underline{36354,5}$$

Für

$$U = n_1 \times n_2 \; - \frac{n_1 (n_1 + 1)}{2} \; - R_1$$

ergibt sich

$$30378{,}0 + 31125{,}0 - 32651{,}5 = \underline{28851{,}5}$$

$$\underline{\underline{U = 28851{,}5}}$$

Für

$$U' = n_1 \times n_2 \quad \frac{n_2 (n_2 + 1)}{2} \quad - R_2$$

ergibt sich

$$30378{,}0 + 7503{,}0 - 36354{,}5 = \underline{1526{,}5}$$

$$\underline{\underline{U' = 1526{,}5}}$$

Zur Probe:

$$U = n_1 \times n_2 - U'$$

$$30378{,}0 - 1526{,}5 = \underline{28851{,}5}$$

$$\underline{\underline{U = 28851{,}5}}$$

Für

$$u = \frac{U - \frac{n_1 \times n_2}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 \times n_2}{n (n - 1)} \times \frac{n^3 - n}{12} - \Sigma T}}$$

ergibt sich bei

$$U = 28951,5$$

$$\frac{n_1 \times n_2}{2} = 15189,0$$

$$\frac{n_1 \times n_2}{n(n-1)} = 0,221$$

$$\frac{n^3 - n}{12} = 4255370,0$$

$$\Sigma T = 5935,0$$

$$u = \frac{28851,5 - 15189,0}{\sqrt{0,221\,(4255370 - 5935,0)}}$$

$$= \frac{13662,5}{970,3} = 14,081$$

$$u = 14,081$$

$$\frac{u}{2} = 7,04$$

Der Wert von $\frac{u}{2} = 7,04$ ist in der Tafel nicht mehr enthalten. Für den größten noch angegebenen Wert von $\frac{u}{2} = 3,9$ ergibt sich eine Wahrscheinlichkeit der Übereinstimmung beider Gruppen von 0,00005 oder 0,005 %. Die Wahrscheinlichkeit der Übereinstimmung müßte für den von uns gefundenen Wert noch geringer sein. Daraus ergibt sich, daß die beiden Gruppen sich signifikant mit einer Wahrscheinlichkeit von über 99,995 % unterscheiden.

Tab.III

Verletzte Personen

Numerisches Verhältnis der Anstiege der Kurven korrespondierender Finger

$l_1 : l_2$ bzw. $l_2 : l_1$

Verletzte Finger (___), "Grenzfinger" (...)

Lfd. Nr.	Daumen re:li	Zeigef. re:li	Mittelf. re:li	Ringf. re:li	Kleinf. re:li
1	12,0:19,0	20,0: 2,0	13,0: 4,0	9,5: 1,0	8,5: 3,5
2	31,0:34,0		3,0:55,0	1,0:31,0	3,0:26,0
3	6,0: 4,0	4,0: 5,0	1,0:11,0	1,5:13,0	2,0: 4,0
4	10,0: 3,0	11,0: 5,0	11,0: 9,5	11,0:17,0	8,0:11,0
5	1,0:11,0	1,5:30,0	0,5:14,0	1,0:21,0	1,0:21,0
6	6,0: 6,0	7,0: 5,5	10,0: 7,0	10,0: 7,0	5,0: 2,0
7	18,0:31,0	13,0:30,0	14,0:13,0	8,0:12,0	3,5:19,0
8	22,0:32,0	23,0:41,0	13,0:49,0	16,0:47,0	9,0:23,0
9	14,0: 8,0	22,0: 7,0	21,0: 6,0	17,0: 6,0	15,0: 3,0
10	22,0:22,0	37,0:38,0	27,0:20,0	25,0:25,0	28,0:10,0
11	29,0:33,0	19,0:27,0	17,0:24,0	24,0:30,0	15,0: 9,0
12	33,0:11,0	20,0:12,0	10,0: 8,0	13,0: 5,0	8,0: 7,0
13	32,0:32,0	70,0:43,0	34,0:49,0	14,0:39,0	18,0:25,0
14	8,0:22,0				
15	30,0:18,0	38,0:25,0	47,0:15,0	49,0:43,0	19,0:20,0
16	11,0:60,0	6,0:77,0	40,0:64,0	55,0:47,0	54,0:47,0
17	5,0:13,0	3,0:16,0	3,0:10,0	4,0: 9,0	2,0:17,0
18		29,0:41,0	28,0: 9,0	13,0: 2,0	16,0: 3,0
19	10,0:18,0	5,0:21,0	6,0:26,0	3,0:16,0	7,0:16,0

Lfd. Nr.	Daumen re:li	Zeigef. re:li	Mittelf. re:li	Ringf. re:li	Kleinf. re:li
20	14,0:33,0	3,0:35,0	14,0: 9,0	13,0:13,0	11,0:13,0
21	33,0:21,0	36,0:44,0	35,0:35,0	39,0:25,0	6,0:18,0
22	8,0:26,0	10,0:32,0	16,0:42,0	36,0:30,0	37,0:35,0
23	44,0:42,0	31,0:34,0	38,0:34,0	26,0:42,0	45,0:75,0
24	11,0:41,0	12,0:35,0	9,0:24,0	12,0:16,0	10,0:24,0
25	40,0:13,0	40,0: 2,0	35,0: 5,0	36,0:52,0	39,0:49,0
26	20,0: 3,0	30,0: 2,0	22,0: 6,0	9,0:11,0	7,0:17,0
27	11,0:11,0	8,0: 9,0	10,0:12,0	11,0:10,0	7,0: 8,0
28	32,0:27,0	34,0: 7,0	41,0: 5,0	47,0:37,0	45,0:56,0
29	42,0:10,0	31,0: 5,0	50,0: 6,0	43,0:16,0	43,0:21,0
30	19,0:21,0	10,0:12,0	16,0:16,0	13,0: 5,0	9,0: 5,0
31	6,0:17,0	5,0:17,0	4,0:17,0	16,0:16,0	32,0:20,0
32	20,0:20,0			38,0:10,0	26,0:26,0
33		11,0:25,0	24,0:30,0		
34	4,0:13,0	4,0:18,0	5,0:23,0	32,0:34,0	26,0:31,0
35	44,0:30,0	35,0:43,0	24,0:30,0	33,0:41,0	15,0:22,0
36	8,0:22,0	6,0:29,0	4,0:24,0	16,0:34,0	30,0:13,0
37	38,0: 8,0	30,0: 4,0	26,0: 3,0	32,0: 5,0	44,0: 5,0
38	5,0: 0,5	5,0: 0,5	14,0: 0,5	3,0: 0,5	1,5: 0,5
39	25,0: 5,0	23,0: 6,0	23,0:28,0	19,0:18,0	26,0:20,0
40	1,5 :4,5	1,5: 5,5	2,0: 9,0	2,0: 5,5	1,0: 4,0
41	31,0:31,0	28,0:40,0	54,0:54,0	49,0:39,0	55,0: 3,0
42	31,0:19,0	32,0:28,0	13,0:18,0	3,0:17,0	3,0:13,0
43	14,0: 3,0	19,0: 2,0	35,0: 2,0	29,0:13,0	17,0:12,0
44	17,0: 2,0	20,0: 1,0	22,0: 1,0	19,0: 1,0	15,0: 1,0
45	19,0:21,0	9,0:38,0	16,0:17,0	8,0:12,0	11,0:17,0
46	13,0: 4,0	13,0: 1,0	19,0: 2,0	7,0: 1,0	9,0: 3,0

Verletzte Personen

Verhältnis der Anstiege der Kurven
korrespondierender Finger

Logarithmische Werte: $\lg (l_1 : l_2)$

Verletzte Finger (___), "Grenzfinger" (...)

Lfd.Nr.	Daumen	Zeigef.	Mittelf.	Ringf.	Kleinf.
1	0,2007	1,0000	0,5132	0,9777	0,3856
2	0,0410		1,3010	1,5229	0,9208
3	0,1761	0,0969	1,0458	0,9208	0,3010
4	0,5224	0,3424	0,0792	0,1871	0,1367
5	1,0458	1,3010	1,3979	1,3010	1,3010
6	0,0000	0,1038	0,1553	0,1553	0,3979
7	0,2360	0,4089	0,0334	0,1739	0,7447
8	0,1612	0,2518	0,5686	0,4685	0,4089
9	0,2430	0,4969	0,5441	0,4533	0,6990
10	0,0000	0,0132	0,1303	0,0000	0,4472
11	0,0555	0,1549	0,1487	0,0969	0,2227
12	0,4741	0,2227	0,0969	0,4166	0,0569
13	0,0000	0,2122	0,1612	0,4437	0,1427
14	0,4437				
15	0,2227	0,1818	0,4969	0,0569	0,0223
16	0,7447	1,0969	0,2007	0,0682	0,0607
17	0,4202	0,7212	0,4815	0,3468	0,9208
18		0,1487	0,4942	0,8129	0,2757
19	0,2516	1,0458	0,6383	0,7212	0,3535
20	0,3768	0,6198	0,1931	0,0000	0,0706
21	0,1959	0,0862	0,0000	0,1931	0,4815

Lfd.Nr.	Daumen	Zeigef.	Mittelf.	Ringf.	Kleinf.
22	0,5086	0,5086	0,4202	0,0792	0,0414
23	0,0212	0,0410	0,0492	0,2076	0,2218
24	0,5686	0,4685	0,4318	0,1249	0,3768
25	0,4829	1,3010	0,8451	0,1612	0,0969
26	0,8240	1,1761	0,5647	0,0862	0,3872
27	0,0000	0,0506	0,0757	0,0414	0,0555
28	0,0719	0,6866	0,9138	0,1038	0,0969
29	0,6232	0,7924	0,9206	0,3404	0,3096
30	0,0410	0,0809	0,0000	0,4150	0,2553
31	0,4559	0,5376	0,6198	0,0000	0,2041
32	0,0000			0,5798	0,0000
33		0,3565	0,0969		
34	0,5086	0,6576	0,0269	0,0269	0,0757
35	0,1673	0,0862	0,0915	0,0915	0,1675
36	0,4437	0,6778	0,3279	0,3279	0,3618
37	0,6767	0,8751	0,9380	0,8062	0,9445
38	1,0000	1,0000	1,4472	0,7782	0,4741
39	0,6990	0,5843	0,0862	0,0253	0,1139
40	0,4815	0,5686	0,6576	0,4437	0,6021
41	0,0000	0,1549	0,0000	0,1004	1,2695
42	0,2122	0,0569	0,1427	0,7447	0,6383
43	0,6684	0,9294	1,2430	0,3502	0,1523
44	0,9294	1,3010	1,3424	1,2788	1,1761
45	0,0410	0,6198	0,0269	0,1739	0,1871
46	0,5119	1,1139	0,9977	0,8451	0,4771

b. Der Seitenvergleich gesunder Finger an verletzten Händen und ihrer korrespondierenden Finger

Als nächstes galt es festzustellen, ob an den gesunden Fingern verletzter Hände irgendwelche kompensatorische Sekretionsformen auftreten und sich somit der Seitenvergleich gegenüber dem gesunder Versuchspersonen unterscheidet. Wir gruppierten die Maßzahlen der gesunden Finger an verletzten Händen und ihrer korrespondierenden Finger sowie die der gesunden Versuchspersonen zu sechs entsprechenden Gruppen und überprüften anhand des χ^2-Testes, ob beide Stichproben aus der gleichen Grundgesamtheit stammen oder nicht.

Gruppe		I	II	III	IV	V	VI		
Ges.	x + m	75,0	57,0	45,0	31,0	24,0	17,0	249	N_1
	m	74,6	57,1	41,1	32,0	23,6	20,6	249	
Verl.	x + m	23,0	18,0	9,0	11,0	7,0	10,0	78	N_2
	m	23,4	17,9	12,9	10,0	7,4	6,4	78	
Total		98,0	75,0	54,0	42,0	31,0	27,0	327	N
		98,0	75,0	54,0	42,0	31,0	27,0	327	

$$\chi^2 = \frac{(x + m) - m^2}{m}$$

Hieraus folgt:

0,0215	0,0068		
0,0002	0,0006		
0,0949	0,3028		
0,0314	0,0099		
0,0068	0,0021	Sa.	0,7855
0,6307	2,0140		2,3362
0,7855	2,3362		3,1217

$$\chi^2 = 3,1217$$

Freiheitsgrade: n = 5
Für n = 5 ergibt sich aus der Tafel eine Wahrscheinlichkeit P für die Übereinstimmung beider Gruppen zwischen 70 und 50 %.
Der Unterschied ist nicht signifikant!

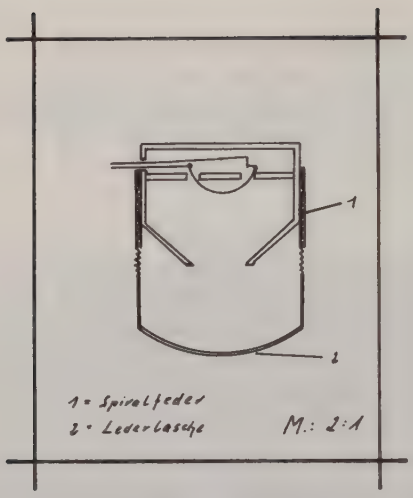
c. "Grenzfinger"

Bisher sind die Finger, bei denen nur ein Nerv verletzt war, aus den Berechnungen der verletzten Finger herausgenommen worden. Da wir immer nur in der Mitte der Fingerbeeren die Schweißabsonderung gemessen haben, stellt sich die Frage, ob diese Ergebnisse durch eine evtl. "periläsionäre Hyperhydrosis" den Werten der gesunden Finger trotz ihrer Verletzung entsprechen.

Von den Maßzahlen der 19 Grenzfinger überschreiten acht den Wert von 1,67, bei dem 95 % der gesunden Finger liegen. Eine statistische Auswertung gegenüber der großen Zahl gesunder Fingerpaare erscheint nicht sinnvoll. Diese Frage müßte anhand eines größeren Materials nochmals geprüft werden.

VII. BEWERTUNG DER TECHNIK UND DER AUSWERTUNG BEI HEUTE GEBRÄUCHLICHEN "OBJEKTIVEN" SENSIBILITÄTS-TESTEN

Der Jod-Stärke-Test in seiner Modifizierung nach MOBERG liefert sehr gute Ergebnisse bei recht einfacher Handhabung. Sofern man jedoch wie ÖNNE die einzelnen Schweißdrüsen-Ausführungsgänge unter dem Mikroskop auszählt, ist das eine recht subtile Arbeit. Der zweite Nachteil ist die kurze Haltbarkeit des Testes, die dazu zwingt, ein dauerhaftes Ergebnis zu schaffen, indem man den Abdruck photographiert. Einfacher wäre das Verfahren von SATURMAN & THOMPSON, bei dem ein flüssiges Kunstharz auf die Haut aufgebracht wird. Die durch die sezernierenden Schweißdrüsen in diesem Film entstandenen feinen Löcher wären ebenso unter dem Mikroskop auszählbar. Es entfiele jedoch eine anschließende Konservierung oder Photographie. Bei Kontrakturen der Finger ist die Durchführung der Druckteste allerdings schwierig. Der Ninhydrin-Test nach MOBERG hat den Vorteil der unbegrenzten Haltbarkeit, jedoch erfordert die subjektive Beurteilung der Farbdichte der Abdrücke, vor allem bei nicht exakt ausgeführtem Test, eine umfangreiche Erfahrung. Im Gegensatz zu unserem Verfahren bieten die Druckteste aber eine gute topographische Abgrenzung der in der Sensibilität gestörten Gebiete von denen mit erhaltener Sensibilität. Ein Nachteil des Ninhydrin-Testes besteht darin, daß er nicht sofort sichtbar ist, um gegebenenfalls wiederholt werden zu können, so lange der Patient (vor allem bei ambulanter Begutachtung) noch anwesend ist. Die Methode von SIMON gibt dem Untersucher ein sofort überschlagsmäßig gut zu beurteilendes, später zu vermessendes, simultan geschriebenes und unbegrenzt haltbares Ergebnis. Die Ausführung erfordert pro Händepaar jedoch eine Zeit von ca. 50 Minuten. Dieser Mangel ließe sich durch eine größere Anzahl von Messkapseln und Messkreisen sowie durch kleinere anklemmbare Messkapseln beheben (Abb. 16 und 17).



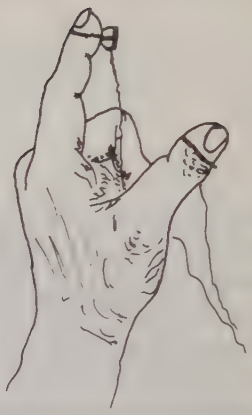


Abb. 16 u. 17 An die Finger anklemmbare Messkapsel und deren Anwendung.

Vorteilhaft ist, daß bei fast allen Beugekontrakturen die Fingerkuppe doch noch der Messung gut zugänglich bleibt. Schwierig ist, wirklich korrespondierende Punkte der Fingerkuppen zu vermessen. Außerdem ist eine topographische Darstellung der Sensibilitäts-Grenze bei Verletzungen nur eines Fingernerven, wie wir sie bei der typischen Medianus- und Ulnarislähmung finden, unmöglich. Somit sind wir gezwungen, an diesen Fingern zwei Messungen - eine an der radialen und einer an der ulnaren Fingerseite - vorzunehmen. In dieser Arbeit wurde die doppelte Messung an Fingern mit einem verletzten Nerven unterlassen, um das Verfahren einfacher zu gestalten und von der subjektiven Befunderhebung unabhängig zu machen.

Bei allen "objektiven" Sensibilitäts-Testen, besonders bei den "Printing-Tests", ist die Beeinflussung des auf die Haut ausgeübten Druckes zu berücksichtigen. TAKAGI wies 1957 experimentell nach, daß die Schweißsekretion durch eine Druckausübung auf die Haut beeinflußbar sei.

Eine weitere Fehlerquelle stellt MINOR 1952 bei der Untersuchung von 582 Soldaten mit Verletzungen peripherer Nerven fest. Er zeigt, daß bei einseitiger Muskelatrophie oder -hypertrophie die Schweißsekretion an korrespondierenden Stellen abweichend sei. Das führt er auf eine verschiedene Dehnung und eine

dadurch entstehende unterschiedliche Schweißdrüsendichte der Haut zurück. Bei einseitiger Kontraktur sei die Kontrolle des gegenseitigen Gliedes in gleicher Stellung vorzunehmen, um ebenfalls eine Deformationswirkung auf die Haut als Fehlerquelle auszuschließen.

VIII. KRITISCHE BETRACHTUNGEN

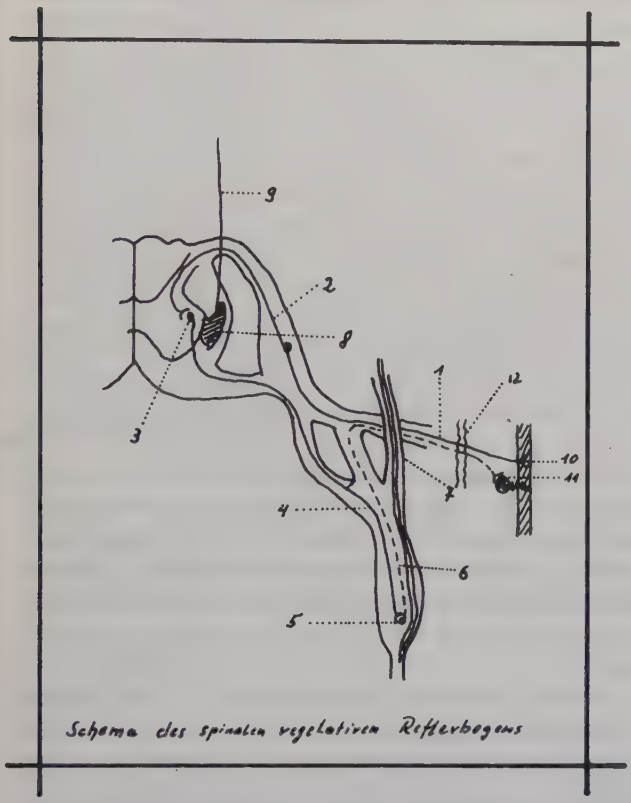
1. Zu den anatomisch-physiologischen Grundlagen der "objektiven" Sensibilitäts-Teste

Wie aus dem ersten Teil der Arbeit ersichtlich, sind die anatomischen und physiologischen Probleme der Innervation der Schweißdrüsen und deren Zusammenhang mit der sensiblen Hautinnervation noch nicht als abgeschlossen und gesichert zu betrachten. Ein Fehler scheint grundsätzlich allen heute verwandten Methoden der "objektiven" Sensibilitäts-Prüfung anzuhaften. Wenn man voraussetzt, daß die vegetativen Hautnerven mit den sensiblen in die Peripherie ziehen, so prüft man doch mit all diesen Verfahren nur die Funktion der vegetativen Fasern und nicht die der sensiblen. Die Erklärung des Ausfalles der Schweißdrüsenfunktion bei sensiblen Nervenverletzungen durch einen sog. vegetativen Hautreflex (MINOR, DURST, SIMON) läßt sich aus folgenden Gründen nicht aufrecht erhalten.

Wenn der Ausfall der Schweißsekretion auf den Verlust eines allgemeinen Wärmereizes zurückgeführt werden soll, so sollte man dabei bedenken, daß dem Rückenmark übergeordnete schweißregulierende Zentren bestehen. Es wäre also nicht glaubhaft, daß eine kleine sensibel denervierte Hautfläche die Wärmeaufnahme des ganzen Körpers so weit beeinflussen könnte, daß nicht auch von zentraler Stelle her in diesem Gebiet eine Schweißsekretion angeregt würde. Man könnte entgegnen, daß diese an sich nicht in bezug auf die allgemeine Thermoregulation, sondern für die reflektorische Schweißaustreibung auf übermäßige lokale Wärmeapplikation gelte. Es erscheint jedoch kaum möglich, das Funktionieren des afferenten Schenkels eines Reflexbogens zu prüfen, wenn man von vornherein voraussetzen muß, daß die efferente Bahn ebenfalls durchtrennt ist (Abb. 18).

Eine gedanklich besser und folgerichtiger aufgebaute Versuchsanordnung finden wir bei VERAGOUTH, der ebenfalls mit einem unbedingten Reflex, von ihm "Psychogalvanisches Reflexphänomen" genannt, arbeitet. Er trennt aber bei seinen Messungen den afferenten vom efferenten Schenkel des Reflexbogens. Er mißt elektrisch den reflektorischen Schweißausbruch an der gesunden Hand, der auf einen willkürlich gesetzten Schmerzreiz an der verletzten Hand erfolgen soll. Zwangsläufig entziehen sich bei seiner "objektiven" Prüfung sensibler

Bahnen paradoxe Empfindungen und Parästhesien des objektiven Nachweises. Bei absoluter Anästhesie bleibt jedoch die reflektorische Schweißabsonderung an der gesunden Hand aus. VERAGOUTH verweist auf Methoden, die ebenfalls eine Trennung der beiden Schenkel eines vegetativen Reflexbogens zur Sensibilitäts-Prüfung beinhalten. Diese basieren auf einer Änderung des Sympathicotonus bei Schmerzapplikation: Erweiterung der Pupille (SCHIFF), Beschleunigung der Herzaktion (MANNKOPF) und Erhöhung des Blutdruckes (CURSCHMANN).



1. Sensibler Nerv
2. Radix post.
3. Sympathische Seitenhornzelle
4. Ram.com.albus
5. Grenzstranggangglion
6. Ram.com.griseus
7. Grenzstrang
8. Seitensäule
9. Sympath.efferente Bahn
10. Sensibler Rezeptor der Haut
11. Veget.Synapse an der Schweißdrüse
12. evtl.Verletzungsstelle

Abb. 18 Spinaler vegetativer Reflexbogen (Schema)

Eine andere wesentliche, aber bis heute absolut ungeklärte Frage ist die Abhängigkeit der wiedereingetretenen Schweißdrüsentätigkeit von der wiederhergestellten Sensibilität nach Nervennähten oder spontaner Ausheilung nach Nervenverletzungen. GUTTMANN & LIST behaupten, daß mit dem Wiederauftreten des Schmerzgefühles auch die Schweißsekretion wiederkehre. Bei Hyperästhesie bestände dementsprechend auch Hyperhydrosis. 1931 schreibt GUTTMANN sogar, daß eine normale Schweißsekretion erforder, daß alle Gefühlsqualitäten wieder eingetreten seien. Gegensätzlich äußert sich SEDDON über die wiederkehrende Schweißsekretion zur Beurteilung der Sensibilität nach Nervennähten: "Unglücklicherweise ist dieser Vorgang (der Regeneration der Schweißfasern) völlig regellos und daher absolut nutzlos für die Bestimmung der Regenerationsstadien". Ähnlich argumentiert HELLMANN 1963: "Zweifellos ist in vielen Fällen eine gewisse Parallelität zwischen Schweißsekretion und Sensibilität festzustellen, eine Beweiskraft ist dem positiven Ausfall des Ninhydrin-Testes jedoch nicht beizumessen". Er nimmt an, daß die vegetativen Fasern bei der Regeneration peripherer Nerven eher wieder in die distalen Stümpfe einsprossen als die sensiblen Fasern. Eine umfangreiche Arbeit von ÖNNE (1962) zeigt ebenfalls, daß nach Nervennähten praktisch keine Übereinstimmung von subjektiven und funktionellen Sensibilitäts-Testen mit den Schweiß-Testen besteht. Selbst MOBERG schreibt 1962 in einer Darstellung verschiedener Methoden zur Sensibilitäts-Prüfung, daß der Ninhydrin-Test zwar in vielen Fällen brauchbar sei, aber gerade bei Nervennähten habe er seine Beschränkungen über das hinaus, was man ursprünglich geglaubt habe. Eine weitere ungeklärte Frage stellt sich bei der Anwendung der Schweißdrüsen-Teste zur Sensibilitäts-Prüfung beim Vorliegen einer SUDECK'schen Dystrophie, die bekanntlich nach Handverletzungen recht häufig entsteht. Ähnliche ungelöste Probleme werden bei der Verwendung der "objektiven" Sensibilitäts-Teste bei gleichzeitiger Mucoviscidose oder angeborener Schweißdrüsen-Aplasie aufgeworfen.

2. Zur Bewertung der Ergebnisse "objektiver" Sensibilitäts-Teste

1962 fordert ZRUBECKY auf dem Münchner Chirurgen-Kongreß, daß die Sensibilitäts-Prüfung unabhängig von der jeweiligen Auffassung des Untersuchers und dem guten Willen und der Intelligenz des Patienten sein solle. Soweit stimmen wir und alle Autoren, die sich überhaupt mit dem Problem der "objektiven" Sensibilitäts-Teste befaßt haben, mit ZRUBECKY überein. Diese Forderung entspricht genau dem ursprünglichen Sinn des Wortes "objektiver

Sensibilitäts-Test". Wenn ZRUBECKY dann zugleich verlangt: Sollten die Ergebnisse von Operationen an Nerven einheitlich und damit vergleichbar beurteilt werden, so sollte in Zukunft bei Nervenverletzungen des Armes und der Hand nur der Ninhydrin-Test als objektive Basis anerkannt werden, so können wir ihm in dieser Ausschließlichkeit nicht beipflichten, da nach unserer Erfahrung gerade bei Nervennähten die sog. objektiven Sensibilitäts-Teste keine objektivierbaren Ergebnisse liefern. Es erhebt sich nun die weitere Frage, inwieweit wir überhaupt berechtigt sind, an ein Verfahren, dessen anatomische und physiologische Grundlagen so wenig gefestigt sind, derartig strenge Anforderungen zu stellen!

Dem Vorschlag ZRUBECKYs, daß sowohl die Berufsgenossenschaften als auch die Sozialgerichte kein Gutachten annehmen sollten, dem nicht mindestens ein "objektiver" Sensibilitäts-Test beiliegt, da der Ninhydrin-Test "zur objektiven Dokumentation des Gefühls" ebenso wichtig sei wie das Röntgenbild, kann deshalb in dieser kategorischen Form nicht beigestimmt werden. Leider hat aber diese Forderung bereits in nicht ärztlichen (juristischen bzw. Versicherungs-) Kreisen Eingang gefunden (SCHÖNBERGER). Wir halten diese Weiterung insoweit für bedenklich, als sie juristisch von der Annahme ausgeht, daß der sog. objektive Sensibilitäts-Test eine einwandfreie objektive Bewertung sichert, während diese Bezeichung nur die Kennzeichnung eines Testverfahrens ist, keinesfalls aber bereits eine Aussage über die Objektivierbarkeit in der Bewertung beinhaltet!

Dieser begrifflichen Nuancierung trägt SCHINK in einem Vortrag Rechnung (Unfallchirurgische Tagung Regensburg 1962): "Von allen Objektivierungs-Verfahren gibt uns der Ninhydrin-Test nach MOBERG ein bleibendes Bild von den Schweißpunkten im Fingerabdruck . . . Ist der MOBERG-Test negativ, so ist damit der Sensibilitäts-Ausfall bewiesen". Diese Aussage ist zweifellos richtig. Indessen dürfen wir nicht auf den weiteren Schluß verfallen, daß der positive Ninhydrin-Test nun auch objektiv das Gegenteil, d.h. eine erhaltene oder wiedereingetretene Sensibilität, beweist. So lange die anatomischen und physiologischen Probleme der Nervenregeneration noch nicht geklärt sind, sollten wir uns - auch für unser Verfahren - der zwar etwas summarischen aber bestimmt vor Überbewertungen schützenden Meinung GRAFs doch prinzipiell ausschließen, der folgendermaßen argumentiert: Die wiederhergestellte Sensibilität beruhe auf einer Regeneration der sensiblen Nervenfasern und nicht auf der vegetativen Fasern; deshalb könne die Ninhydrin-Probe (bezüglich der Regeneration) nach Nervenverletzungen nichts über die Sensibilität aussagen. Das einzige Anwendungsgebiet mit einer sicheren Aussagekraft über die Sensibilität stellt die Verwendung der "objektiven" Sensibilitäts-

Teste zur Diagnostik frischer Nervenverletzungen dar. Die Abdruck-Teste nach MOBERG sind wegen der guten topographischen Dokumentation des Versorgungsgebietes lädierter oder durchtrennter sensibler Nerven besonders gut für die Indikationsstellung zur Nervenrevision nach frischen Verletzungen geeignet.

Die obigen Ausführungen sollen keineswegs besagen, daß die "objektiven" Sensibilitäts-Teste in dieser Form völlig unbrauchbar wären. Wir können sie auch bei Nervenregenerationen sehr viel ergänzend zu den funktionellen und subjektiven Sensibilitäts-Prüfungen verwerten, da sie uns einen Aufschluß über die wiederhergestellte vegetative Funktion vermitteln (s. auch WITT 1963).

IX. ZUR BEURTEILUNG VON SENSIBILITÄTS-STÖRUNGEN DER VERLETZTEN HAND

Zum Schluß erscheint es uns wichtig, nochmals auf eine komplexere Betrachtungsweise der Sensibilität aufmerksam zu machen. Darin liegt wohl auch das Hauptproblem der Sensibilitäts-Prüfung.

1920 mahnt schon v. WEIZSÄCKER, vom mechanistischen Denken bei der Sensibilitäts-Prüfung abzulassen und den individuellen psychischen Faktor des Erlebens mehr zu berücksichtigen: "Immer mehr erkennen wir aber, daß der pathologische Abbau uns keineswegs sozusagen die Bausteine in den Schoß wirft, aus denen wir uns die normale Leistung aufgebaut denken möchten". Genau das ist es, was uns die Aussage über den Sensibilitäts-Verlust unseres Gegenübers erschwert, daß wir doch immer auf die Ausfallserscheinungen zur Beschreibung des Befundes angewiesen sind. Welche Bedeutung den einzelnen von uns geprüften Gefühlsqualitäten aber subjektiv im Gesamtgefüge der Emfpindungen des Patienten zukommt, können wir als Außenstehende nicht beurteilen und werden es auch nie können. Ein besonderes Problem stellt die Bewertung der Empfindungen nach oder während der Regeneration eines sensiblen Nerven dar. v. WEIZSÄCKER benennt diese Vorgänge der Schwellenerhöhung, abnormer Latenzen, Nachempfindungen, inäquaten Empfindungen, Parästhesien und Hyperpathien als Funktionswandel. Dieser liege in einer Störung der restitutiven Leistungen begründet und entziehe sich einer normierbaren oder vergleichbaren Beurteilung.

In ähnlicher Weise äußert sich NOORDENBOS: Die Benennung der vier Gefühlsmodalitäten kalt, warm, Schmerz und Berührung sei ein Ergebnis inkorrekter klinischer Ausdrucksformen (s. auch MOBERG). Die Gefühlsmodalitäten seien gar nicht so streng zu benennen, da sie aus einer Mischung von Erregung und Erlebnis resultierten. Es wird also immer unmöglich sein, über die Sensibilität anderer ein objektives Urteil abgeben zu können, auch nicht mit Hilfe "objektiver" Sensibilitäts-Teste. Wir werden uns zur Beurteilung der Sensibilität aller bekannten Methoden bedienen müssen und werden auch die "objektiven" Sensibilitäts-Teste als Ergänzung zu allen anderen Verfahren heranziehen können, sofern wir uns ihrer beschränkten Aussagekraft jederzeit bewußt sind.

Wünschenswert wäre es jedoch, daß der irreführende Ausdruck "objektiver Sensibilitäts-Test" abgeändert wird, da er immer wieder zu Trugschlüssen über seine Aussagekraft führen wird.

X. ZUSAMMENFASSUNG

Der Begriff der Sensibilität und deren Bedeutung für die Greiffunktion der Hand und die Verfahren der Sensibilitäts-Prüfungen sowie die Grenzen ihrer Anwendbarkeit wurden beschrieben.

Die vorliegende Arbeit sollte an einem größeren Untersuchungsgut die Verwendbarkeit eines neuen Verfahrens zur objektiven Sensibilitäts-Messung für die Klinik prüfen. Die Anatomischen und physiologischen Grundlagen, auf denen das Verfahren basiert, sind bis 1870 zurückverfolgt worden. Mit der Darstellung der strittigen Probleme wurde zum Ausdruck gebracht, daß die theoretische Seite dieser Methode noch nicht als abgeschlossen und gefestigt gelten kann. Zur Erläuterung dessen wurden die gegensätzlichen Meinungen besonders hervorgehoben. Verschiedene Verfahren, die dem Nachweis der Schweißsekretion dienen, wurden nach Art der Darstellung gruppiert und aufgezeigt. Die Methoden, die zur objektiven Sensibilitäts-Prüfung benutzt werden, stellten wir zusammen.

Aus dem experimentellen Teil dieser Arbeit können auf Grund statistischer Auswertungen der Ergebnisse von 50 gesunden und 46 verletzten Versuchspersonen folgende Aussagen gemacht werden:

Die Schweißsekretion an korrespondierenden Stellen der Fingerbeeren beider Hände ist unterschiedlich stark. Wir fanden bei Gesunden im Verhältnis des Anstieges der von uns aufgezeichneten Kurven korrespondierender Finger beider Hände einen Grenzwert von 1 : 1,67, bei dem 95 % aller gemessener Werte liegen. Das ist einem Verhältnis der Stärke der Schweißsekretion beider Hände gleichzusetzen. Alle Fingerpaare, bei denen das Verhältnis der Anstiege größer als 1 : 1,67 ist, müssen demnach als geschädigt angesehen werden.

Auf Grund statistischer Überprüfung ließ sich kein signifikanter Unterschied zwischen den mehr beschwielten Daumen und Zeigefingern gegenüber den anderen Fingern feststellen, obwohl die Wahrscheinlichkeit, daß beide Stichproben einer Grundgesamtheit angehören, bei unserem Material nur zwischen 10 und 20 % lag.

Die Berücksichtigung konstitutioneller Merkmale im Hinblick auf ein evtl. Linksüberwiegen der Schweißabsonderung bei Leptosomen und Pyknikern halten wir nicht für erforderlich.

Bei dem von uns verwandten Material läßt sich mit einer an Sicherheit grenzenden Wahrscheinlichkeit ein Unterschied der Maßzahlen im Seitenverhältnis verletzter und unverletzter Personen nachweisen. Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß nach Nervennähten die Naht in überwiegender Zahl der Fälle nicht länger als sechs bis zehn Wochen zurück lag.

Gesunde Finger verletzter Hände zeigten keinen signifikanten Unterschied zu intakten Fingern gesunder Versuchspersonen. Das deutet darauf hin, daß wir an den gesunden Fingern verletzter Hände keine kompensatorischen Veränderungen in der Schweißsekretion annehmen dürfen. Bei den Fingern mit einem verletzten volaren sensiblen Nerven ließ sich anhand der geringen Zahl keine statistisch zu sichernde Aussage über eine evtl. periläsionäre Hyperhydrosis machen.

Die unserer Arbeit zu Grunde liegende Methode wurde mit den heute gebräuchlichen Abdrucktesten bezüglich ihrer Anfertigung und Beurteilung verglichen. Das Verfahren gibt nach zeitraubender Aufzeichnung der Kurven dem Untersucher ein sofort überschlagsmäßig gut zu beurteilendes, später zu vermessendes, simulatan geschriebenes und unbegrenzt haltbares Ergebnis.

Besondere Probleme wirft die Beurteilung aller objektiven Sensibilitäts-Teste nach Nervennähten auf. Da keine Klarheit über die zeitliche Folge der Regeneration vegetativer und sensibler Nervenfasern besteht, erscheint eine Aussage über die wiedereingetretene Sensibilität auch mit Hilfe dieser Teste nicht gerechtfertigt.

Es wird für wichtig angesehen, auf eine begriffliche Unterscheidung zwischen objektivem Verfahren und objektivierbarer Aussagekraft dieser Teste hinzuweisen.

Anschließend wird die Schwierigkeit der Beurteilung des Sensibilitäts-Ausfalles in seiner Bedeutung für den Untersuchten dargestellt, da die Sensibilität als Bestandteil der Persönlichkeit unseres Gegenübers von uns - auch mit sog. objektiven Testen - nicht zu ermessen ist.

Die objektiven Sensibilitäts-Teste können uns bei der Beurteilung der Sensibilität höchstens als Indiz dienen. Eine Beweiskraft wie dem Röntgenbild kommt ihnen keinesfalls zu.

KURVENBEISPIELE

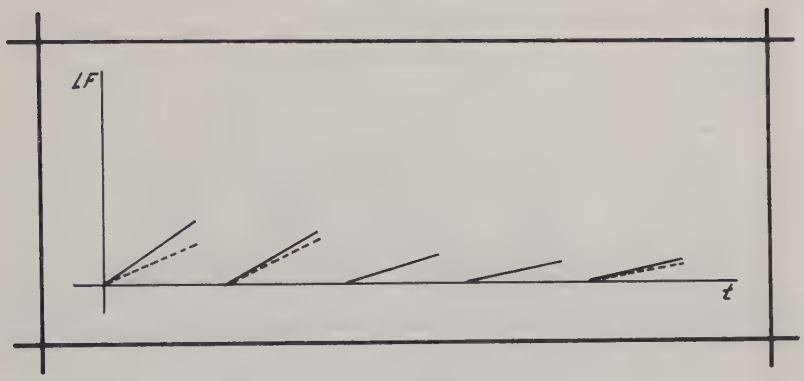


Abb. 19 Gesunde Versuchsperson, 37 J., Bauarbeiter

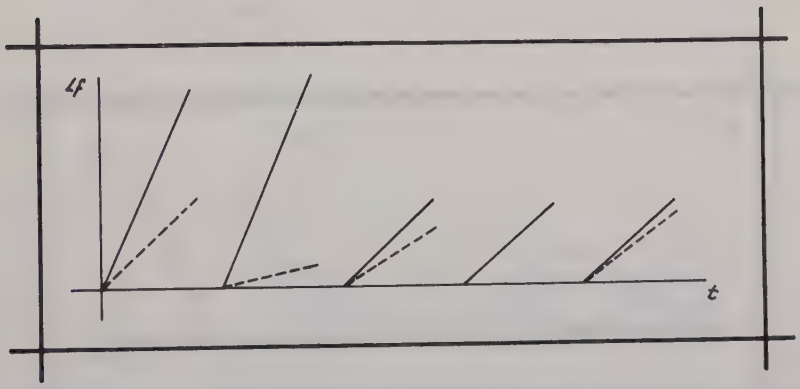


Abb. 20 VP 20: 35 J. Quetschung des N. medianus am Handgelenk am 18.9.61. Bei der Nervenrevision am 5.10.62 findet sich eine narbige Einklemmung des Nerven, die operativ gelöst wird. Subjektiv besteht bei der Kurvenaufnahme am 13.5.63 das typische Bild der Medianusverletzung, obwohl die Kurve des Mittelfingers durchaus ein normales Verhältnis der Sekretion beider Seiten zeigt.

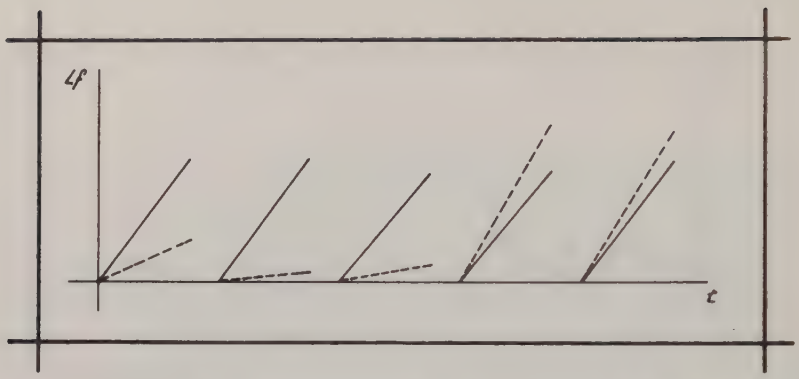


Abb. 21 VP 25: 24 J. Durchtrennung des N. medianus am 3.9.62. Nervennaht am 5.4.63. Subjektiv typischer Sensibilitäts-Ausfall im Gebiet des N. medianus. Objektiv typisches Bild der Medianusverletzung (Kurvenaufnahme 30.5.63).

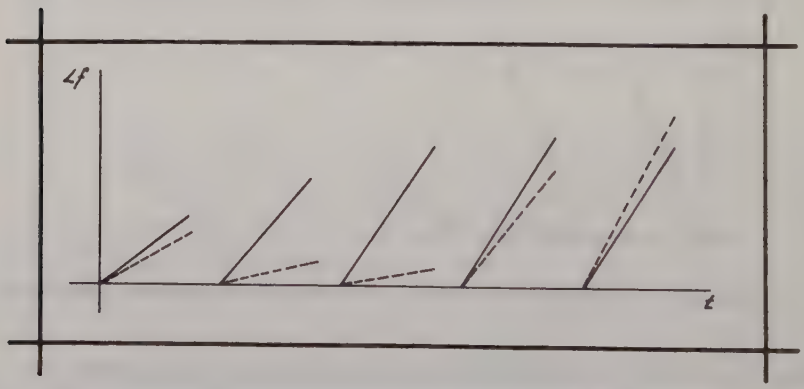


Abb. 22 VP 28: 27 J. "Durchtrennung" des N. medianus am 16.4.64. Bei Kurvenaufnahme am 18.6.64 findet sich subjektiv das typische Bild der Medianusverletzung. Objektiv ist jedoch die Sekretion am Daumen im Verhältnis zur Gegenseite als normal zu betrachten. Bei der späteren Revision und Nervennaht am 25.6.64 stellte sich heraus, daß ein ganz kleiner Faszikel des N. medianus erhalten war, woraus sich die normale Sekretion am Daumen erklären ließe.

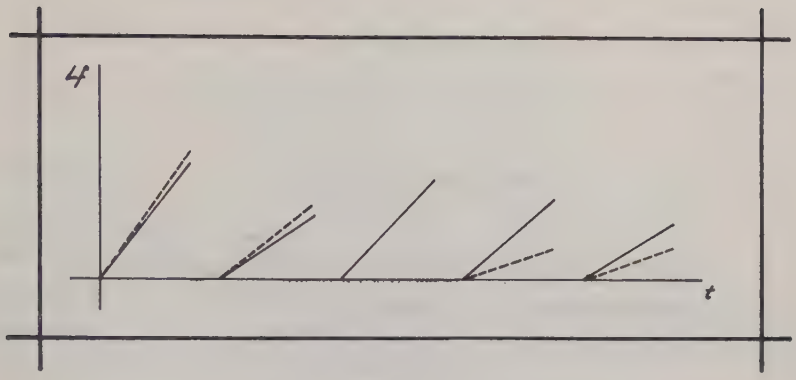


Abb. 23 VP 30: 24 J. Durchtrennung des N. ulnaris am 17.10.62. Nervennaht am 27.3.63. Bei der Kurvenaufnahme am 6.8.63 findet sich subjektiv das Bild einer atypischen Ulnarisdurchtrennung mit Gefühllosigkeit am gesamten Ring- und Kleinfinger, was sich auch objektiv bestätigte.

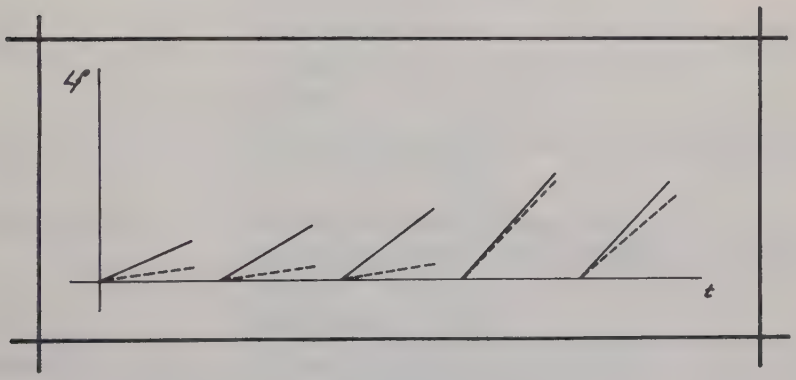


Abb. 24 VP 34: 16 J. Durchtrennung des N. medianus am 19.4.63. Nervennaht am 10.4.64. Bei der Kurvenaufnahme am 28.5.64 findet sich subjektiv das typische Bild der Medianusdurchtrennung, was sich auch objektiv bestätigte.

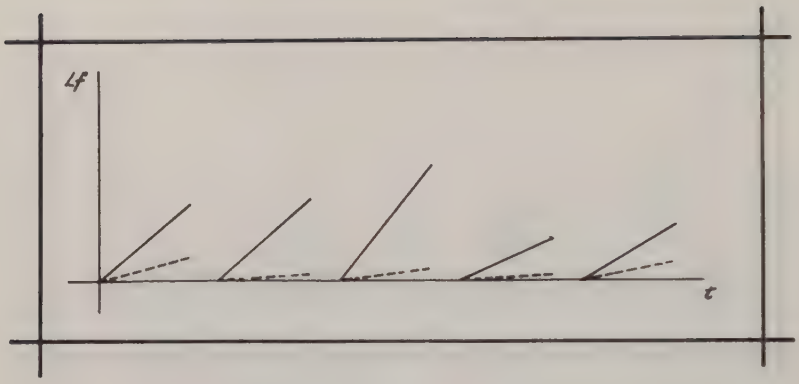


Abb. 25 VP 46: 50 J. Durchtrennung der Nn. medianus und ulnaris am 21.10.63. Naht beider Nerven am 18.11.63. Subjektiv findet sich bei Kurvenaufnahme am 14.7.64 Sensibilitäts-Ausfall an allen Fingerkuppen, was auch die Kurven erkennen lassen.

LITERATURVERZEICHNIS

Adamkiewicz, A.	Die Sekretion des Schweißes Berlin 1878
Aubert, P.	zit. n. Metzner (s. dort)
Bikeles, G. & Gerstmann, L.	Über die vermehrte Schweißabsonderung auf der gelähmten Seite (nach Pilocarpin-Injektion) bei corticalen Läsionen Neurol. Zbl. 34: 770, 1915
Billigheimer, E.	Über einen Antagonismus zwischen Pilocarpin und Adrenalin Arch. exp. Ther. 88: 172, 1920
Bishop, G. H.	Neural mechanisms of cutaneous sense Physiol. Rev. 26: 77, 1946
Blix, M.	Experimentelle Beiträge zur Lösung der Frage über die spezifische Energie der Hautnerven Z. Biol. 20: 141, 1884
Boucke, H.	Ein neuer Hautleitfähigkeits- und Temperaturmesser Elektron 5: 118, 1951
Bowden, R. E. M.	Factors influencing functional recovery in: Peripheral Nerve Injuries; edited by H. J. Seddon, p. 298 London 1954
Boymond, P.	Pharm. Acta Helv. 23: 207, 1948 zit. nach Fiedler (s. dort)
Braeucker, W.	Die Innervation der Schweißdrüsen und die chirurgische Behandlung der Hyperhydrosis Arch. klin. Chir. 149: 817, 1928

Brecht, K., Deiniger, W. & Steinwachs, F.	Über die Hemmung der Schweißsekretion durch Euklimen Die Medizinische 1954/I, 224
Broman, T.	Om tekniken vid den kliniska sensibilitets-undersökningen Svens. Läkartidn. 42: 2205, 1945 zit. n. Önne (s. dort)
Brücke, F.	Unterschiede zwischen zentraler und peripherer Erregung des sympathischen Nervensystems Act. Neuroveg. 4: 299, 1952
ders.	Zur Physiologie der vegetativen Innervation der Haut Act. Neuroveg. 18: 203, 1958
Brun, R. & Favre, F.	Experiences sur la transpiration Dermatologica 108: 257, 1954
Burn, J.H.	The relation of nerve-supply and blood fow to sweating, producted by pilocarpine J. Physiol. 56: 232, 1922
Cauna, N.	Nature and functions of the papillary ridges of the digital skin Anat. Rec. 119: 499, 1954
Christ, W.	Erfahrungen mit handgelenksnahen Schnittverletzungen Zbl. Chir. 86: 2090, 1961
Deiniger, W.	Untersuchungen über die Hemmung der Schweißsekretion Dissertation Tübingen 1954
Denzel, H.	Elektrische Hautfeuchtigkeits- und Temperaturmessungen an reiner Konstitutionstypen Dissertation Tübingen 1952
Dieden, H.	Klinische und experimentelle Studien über die Innervation der Schweißdrüsen Dtsch. Arch. klin. Med. 117: 180, 1915

Dieden, H. — Über die Wirkung des Adrenalins auf die Schweißdrüsen
Z. Biol. 16: 387, 1916

Dole, V. & Thaysen, J.H. — Variation in the functional power of human sweat glands.
J. Exp. Med. 98: 129, 1953

Durst, J. — Die Beurteilung von 698 objektiven Sensibilitätstesten an der Hand nach E. Moberg
Dissertation Tübingen 1962

Ebbecke, U. — Arbeitsweise der Schweißdrüsen und sudomotorische Reflexe bei unmittelbarer Betrachtung mit Lupenvergrößerung
Pflüger's Arch. 253: 333, 1951

ders. — Zur Physiologie der Haut
Arch. Derm. Syph. 200: 12, 1955

Edinger, L. — Aufbau und Funktion, Untergang und Neubildung der peripheren Nerven
Dtsch. Z. Nervenheilk. 59: 10, 1918

Fiedler, H.P. — Der Schweiß
Aulendorf/Württ. 1955

Foerster, O. — Die Symptomatologie und Therapie der Kriegsverletzungen der peripheren Nerven
Dtsch. Z. Nervenheilk. 59: 32, 1918

ders. — Antidrome Leitung in sensiblen Nerven
zit. n. Guttmann, L. & List, C.F. 1928 (s. dort)

ders. — Methoden der Dermatombestimmung
zit. n. Guttmann, L. & List, C.F. 1928 (s. dort)

ders. — Kriegsverletzungen des Rückenmarkes und der peripheren Nerven
in: Schjerning's Handbuch der ärztlichen Erfahrungen im Weltkriege 14 - 18
Bd. IV, Leipzig 1922 - 34

ders.	Die Leitungsbahnen des Schmerzgefühles und die chirurgische Behandlung der Schmerzzustände Berlin 1927
ders.	Symptomatologie der Schußverletzungen der peripheren Nerven in: Lewandowsky's Handbuch der Neurologie, Erg. Bd. II: 1485 Berlin 1929
ders.	Über die Vasodilatation in den peripheren Nerven Dtsch. Z. Nervenheilk. 107: 41, 1929
ders.	Diskussionsbeitrag Dtsch. Z. Nervenheilk. 111: 110, 1929
Ford, F.R. & Woodhall, B.	Phenomena due to misdirection of regenerating fibres of cranial, spinal and autonomic nerves Ann. Surg. 36: 480, 1938
von Frey, M.	Beiträge zur Physiologie des Schmerzsinnes Ber. Sächs. Ges. Wiss. 46: 283, 1894
ders.	Beiträge zur Sinnesphysiologie der Haut Ber. Sächs. Ges. Wiss. 47: 168, 1895
ders.	Die Gliederung des Tastsinnes Dtsch. Z. Nervenheilk. 101: 155, 1928
Goldstein, K.	Über körperliche Störungen bei Hirnverletzten Münch. Med. Wschr. 65: 104, 1918
Graf	Diskussionsbeitrag Verh. Dtsch. Ges. Unfallheilk. in: Hefte Z. Unfallheilk. 75: 173, 1963
Greuer, W. & Peukert, L.	Eine Methode zur Messung der Feuchtigkeitsabgabe der menschlichen Haut durch Widerstandmessung eines Halbleiters Arch. Derm. Syph. 179: 410, 1940
Giulford, J.P. & Lovewell, E.M.	The touch spots and the intensity of the stimulus J. Gen. psychol. 15: 149, 1936

Guttmann, L.	Die nervösen Leitungsbahnen der Schweißsekretion beim Menschen Dtsch. Z. Nervenheilk. 107: 61, 1929
ders.	Die Schweißsekretion des Menschen in ihren Beziehungen zum Nervensystem Z. Ges. Neurol. Psychiat. 135: 1, 1931
ders.	Ein neues einfaches kolorimetrisches Verfahren zur Untersuchung der Schweißdrüsenfunktion Klin. Wschr. 16: 1212, 1937
ders. & List, C.F.	Zur Topik und Pathophysiologie der Schweißsekretion Z. Ges. Neurol. Psychiat. 116: 504, 1928
Hara, Y.	Der galvanische Hautreflex bei Katzen und Hunden Pflüger's Arch. 195: 288, 1922
Head, H. & Sherren, J.	The consequences of injury to the peripheral nerves of man in Head, H. Studies in neurology London 1920
Heerd, E. & Ohara, K.	Untersuchungen über die Wasserdampfabgabe kleiner Hautflächen beim Menschen Pflüger's Arch. 276: 32, 1962
dies.	Über den Mechanismus der Wasserdampfabgabe der menschlichen Haut Pflüger's Arch. 272: 25, 1060/61
Heines, K.D.	Die Testung der vegetativen Hautinnervation Hautarzt 2: 442, 1951
Hellmann	Diskussionsbeitrag Verh. Dtsch. Ges. Unfallheilk. in: Hefte z. Unfallheilk. 75: 177, 1963
Hensel, H. & Bomann, K.	Aktionspotentiale aus Hautrezeptoren des Menschen bei mechanischer und thermischer Reizung Pfüger's Arch. 272: 73, 1960/61
Herrmann, F., Prose, P. & Sulzberger, M.	Studies on sweating J. Invest. Derm. 18: 71, 1952

Hezel, O., Vogt, H. u.a.	Kriegsbeschädigungen des Nervensystems Wiesbaden 1917
Holzmann, H. Korting, G.W. & Oehmichen, Ch.	Vergleichende Messungen der Feuchtigkeitsabgabe von Herdbezirk und unveränderter Haut bei verschiedenen Hautkrankheiten Arch. Klin. Exp. Derm. 212: 312, 1961
Jabanero, J.	Mikroskopische Studien über die Morphologie und die Morpho-Pathologie der vegetativen Innervation der Haut Acta Neuroveg. 18: 67, 1958
John, F.	Zur mikroskopischen Anatomie der Gefäß- und Schweißdrüsennerven in der menschlichen Haut Z. Zellforsch. 30: 297, 1940
Jürgensen, E.	Mikobeobachtungen der Schweißsekretion der Haut des Menschen unter Kontrastfärbung Arch. Klin. Med. 144: 193, 248, 1924
Jung, R.	Nervenarzt 1941: 493 zit. nach: Zrubecky, G. 1960 (A) s. dort
Kaddatz, R.	Untersuchungen zur Pharmakologie der Schweißdrüsen Arch. Exp. Path. Pharmakol. 210: 159, 1950
Karplus, J.P. & Kreidel, A.	Gehirn und Sympathikus I Pflüger's Arch. 129: 138, 1909
dies.	Gehirn und Sympathikus II Pflüger's Arch. 135: 401, 1910
dies.	Gehirn und Sympathikus III Pflüger's Arch. 143: 109, 1912
Keller, Ph.	Elektrophysiologische Untersuchungen an der gesunden und kranken Haut Klin. Wschr. 8: 1081, 1929
Klar, E.	Über Nervenverletzungen an Arm und Hand Unfallchir. Tagung Heidelberg, 7. u. 8.1.55 Niederschrift der Referate, Landesverb. d. Südwestd. Berufsgen. Mannheim

Kos & Latanyi	zit. n. Witt, A.N. (s. dort)
Kreuz, L.	Die fühlende Kunsthand (ihre Theorie und Praxis) Dtsch. Med. Wschr. 76: 56, 1951
ders.	Einführung zu Zrubecky, G. Die Hand, das Tastorgan des Menschen Z. Orthop. Supl. 93, Stuttgart 1960
Kuno, Y.	A short account of the mechanism of the sweat secretion in man Ref. in: Ber. Ges. Physiol. Exp. Pharmakol. 89: 131, 1936
Kunz, A.	The vegetative nervous system in retrospect Acta Neuroveg. 17: 200, 1958
Kuré, K., Okimaka, S., Maéda, S. & Kato, H.	Studien über die Schweißdrüseninnervation Pflüger's Arch. 237: 40, 1936
Langley, J.N.	On the course and connections of the secretory fibres supplying the sweat glands of the feet of the cat J. Physiol. 12: 347, 1891
ders.	Further observations on the secretory and vasomotor fibres of the foot of the cat with notes on other sympathetic nerve fibres J. Physiol. 17: 296, 1894
ders.	The secretion of sweat, part I J. Physiol. 56: 110, 1922
ders. & Uyeno, K.	The secretion of sweat, part II J. Physiol. 56: 206, 1922
Leva, J.	Über die körperlichen Begleiterscheinungen psychischer Vorgänge mit besonderer Berücksichtigung des psychogalvanischen Reflexphänomens Münch. Med. Wschr. 60: 2386, 1913
Lindblom, U.	Exspectability and functional organization within a peripheral tactile unit Acta Physiol. Scand. 44, Supl. 153, 1958 zit. n. Önne, L. (s. dort)

List, C.F. & Peet, M.M. — Sweat secretion in man
Ref. bei: Zbl. Haut- u. Geschl.Krkh. 66: 422, 1941

Luchsinger, B. — Neue Versuche zu einer Lehre von der Schweißsekretion, ein Beitrag zur Physiologie der Nervenzentren
Pflüger's Arch. 14: 369, 1877

ders. — Die Wirkungen von Pilocarpin und Atropin auf die Schweißdrüsen der Katzen
Pflüger's Arch. 15: 483, 1877

ders. — Die Schweißfasern für die Vorderpfote der Katze
Pflüger's Arch. 16: 545, 1878

ders. — Die Schweißabsonderung und einige verwandte Sekretionen bei Tieren
in: Hermann's Handbuch der Physiologie
Band V/I, Leipzig 1879 - 81

Lüthy, F. — Technik der Sensibilitätsprüfung
in: Handbuch der Inneren Medizin
Band V/I, Berlin 1953

Mandur, I. & Schilf, E. — Zur Frage der Hemmungsinnervation der Schweißdrüsen
Pflüger's Arch. 196: 345, 1922

Mann, H.B. & Withney, D.R. — zit. n. Weber, E. (s. dort)

Mannerfelt, L. — Evalution of functional sensation of skin grafts in the hand area
Brit. J. Plast. Surg. 15: 136, 1962

Manuila, L. — Traitement médicamenteux local de la transpiration axillaire
Dermatologica 100: 304, 1950

ders. & Isler, H. — Neuveau test de transpiration
Dermatologica 102: 302, 1951

McDougall, W. — Cutaneus sensation
zit. n. Önne, L. (s. dort)

Metzner, R.	Schweißabsonderung in: Handb. d. Physiol. d. Menschen ed. b. W. Nagel, Braunschweig 1907
Minor, V.	Ein neues Verfahren zu der klinischen Untersuchung der Schweißabsonderung Dtsch. Z. Nervenheilk. 101: 302, 1928
ders.	Der Einfluß der Körperform auf die Schweißbildner und die Bedeutung dieses Faktors bei Schädigungen des peripheren Nervensystems Vorpr. Nefrochir. 14: 3, 1950 ref. b. Zbl. Haut- u. Geschl.-Krh. 82: 108, 1953
Moberg, E.	Objective methods for determining the functional value of sensibility in the hand J. Bone Joint Surg. 40 B: 454, 1958
ders.	Criticism and study of methods for examining sensibility in the hand Neurology 12: 8, 1962
ders.	The ninhydrin finger printing test used to map out partial lessions to hand nerves Acta Chir. Scand. 123: 365, 1962
Monier, M.	Physiologie und Pathophysiologie des vegetativen Nervensystems Stuttgart 1963
Müller, L. R.	Stand der Lehre vom Sympathicus Dtsch. Z. Nervenheilk. 45: 313, 1912
ders.	Über die Gegensätzlichkeit in der Lebensinnervation Dtsch. Z. Nervenheilk. 111: 102, 1929
Nawrocki, F.	Zur Innervation der Schweißdrüsen Zbl. Med. Wiss. 16: 2, 721; 1878
Noordenbos, W.	Pain. - Problems pertaining to the transmission of nerve impulses wich give rise to pain. Amsterdam 1959
Odén, S. & Hofsten, B.	Detection of fingerprints by the ninhydrin reaction Nature 173: 499, 1954

Önne, L. — Recovery of sensibility and sudomotor activity in the hand after nerve suture
Acta Chir. Scand. Supl. 300, 1962

Ormea, F. — Betrachtungen zur nervösen Versorgung der menschlichen Haut
Hautarzt 1: 226, 1950

Ostertag, M. — Untersuchungen über den sog. kalten Schweiß der Vasoneurotiker
Dissertation Tübingen 1934

Parrisius, W. — Beobachtung der Schweißdrüsenausführungsgänge mit dem Kapillarmikroskop
Münch. Med. Wschr. 68: 232, 1921

Pollock, L.J. & Davis, L. — Peripheral nerve injuries
Amer. J. Surg. 15: 411, 571; 1932

Pontén, B. — Grafted skin. Observation on innervation and other qualities
Acta Chir. Scand. Supl. 257, 1960

Price, E. Th., Knorr, I.M. & Wright, H.M. — A mobile instrument for recording electrical skin resistance patterns of the human skin
Acta Neuroveg. 17: 97, 1958

v. Renz, Th. — Lose Blätter aus meiner Unterrichtsmappe
Kapitel 20: Bedürfnis einer objektiven Methode der Sensibilitätsprüfung
Zbl. Nervenheilk. 9: 609, 1886

Randall, W.C. — Quantitation and regional distribution of sweat glands in man
J. Clin. Invest. 25: 761, 1964

Regelsberger, H. — Das Elektrodermatogramm und seine Messung
Med. Klin. 44: 817, 1949

Rieder, W. & Neumann, A. — Ein neues colorimetrisches Verfahren zur Darstellung der Schweißsekretion
Klin. Wschr. 11: 1027, 1932

Richter, R. — Die Innervation der Epidermis und Cutis
Acta Neuroveg. 18: 1, 1958

Rozental, S. K.	Vestn. Venerol. 1952/3, 30 zit. n. Zbl. Haut- u. Geschl.-Krh. 83: 314, 1953
Saturman & Thompsen, J.	J. Physiol. 117: 519, 1952 zit. n. Fiedler, H.P. (s. dort)
Schilf, E.	Die Innervation der Schweißdrüsen Klin. Wschr. 2: 506, 1923
Schink, W.	Die chirurgische Behandlung der Armnervenverletzungen Unfallchir. Tagung in Regensburg am 20. und 21.10.62 Niederschrift der Referate, Landesverb. Bayern der Gewerb. Berufsgen.
Schmid, R.	Zur Frage der Coffein- und Kaffeewirkung auf die Hauttemperatur und die Perspiratio insensibilis Arch. Derm. Synph. 178: 593, 1940
Schönberger,	Die unfallverletzte Hand im Spiegel der Rechtsprechung Berufsgenossenschaft 1963: 1
Schwenkenbecher	Über die Ausscheidung des Wassers durch die Haut von Gesunden und Kranken Dtsch. Arch. Klin. Med. 79: 56, 1903
Scott, A.	The distribution and behavior of cutaneous nerves in normal and abnormal skin Brit. J. Derm. 70: 1, 1958
Seddon, H.J.	Peripheral nerve injuries, London 1954
ders., Medawar, P.B. & Smith, H.	Rate of regeneration of peripheral nerve injuries in man J. Physiol. 102: 191, 1943
Simon, P.	Modalitäten des wiedereingetretenen Hautgefühls an Bauchhautplastiken von Krukenberg-Greifarmen Mschr. Unfallheilk. 64: 429, 1961
ders.	Die Bewährung der Hauttransplantate an Krukenberg-Greifarmen Mschr. Unfallheilk. 65: 26, 1962

ders.	Elektronische Messung der Hautfeuchtigkeitsabgabe bei peripheren und sensiblen Nervenschädigungen Arch. Orthop. Unfallchir. 55: 233, 1963
Speranskaja-Stepanowa, E.N.	Zur Physiologie der Hautdrüsen des Frosches Pflüger's Arch. 209: 1, 1925
Souvid, J.	Einfluß der Hirnrinde auf die Schweißabsonderung Sovet. Psichonefr. 16: 46, 1940 ref. b. Zbl. Haut- u. Gesch.-Krh. 66: 421, 1941
Sticker	Über Versuche einer objektiven Darstellung von Sensibilitäts-Störungen Wien. Klin. Rdsch. 1897 zit. n. Veragouth 1908 (s. dort)
Stöhr, Ph. jr.	Zusammenfassende Ergebnisse über die Endigungsweise des vegetativen Nervensystems Acta Neuroveg. 10: 62, 1954
Takagi, K.	Über den Einfluß des mechanischen Hautdruckes auf die vegetativen Funktionen Acta Neuroveg. 16: 439, 1957
Tarchanoff, J.	Über die galvanischen Erscheinungen in der Haut des Menschen bei Reizungen der Sinnesorgane und bei verschiedenen Formen der psychischen Tätigkeit Pflüger's Arch. 46: 46, 1890
Thies, W.	Über die Morphologie des vegetativen Nervensystems in der menschlichen Haut nebst Untersuchungen über neuropathologische Veränderungen bei verschiedenen Hautkrankheiten. - Mitteilungen I - III Z. Haut- u. Geschl.-Krh. 27: 287, 330, 355, 1959
Thomas-André	La reflex pilomoteur Paris 1921 zit. n. Guttmann, L. & List, C.F. (s. dort)
Tronier, H.	Zur Perspiratio und ihrer Bedeutung Med. Welt 1964: 1765

Veragouth	Das Psychogalvanische Reflexphänomen I. Bericht Mschr. Psychiat. Neurol. 21: 387, 1907
ders.	Das Psychogalvanische Reflexphänomen II. Bericht Mschr. Psychiat. Neurol. 23: 204, 1908
Wagener, H.H.	Neue Methoden zur fortlaufenden Feuchtigkeitsmessung Helv. Physiol. Acta 18: 3, 1960
ders.	Verfahren zur Messung der Wasserdampfabgabe der menschlichen Haut Dermatologica 123: 277, 1961
Walshe, F.M.R.	The anatomy and physiology of cutaneos sensibility. A critical review Brain 65: 48, 1942
Weber, E.H.	Über den Tastsinn Arch. Anat. Physiol. Wissensch. Med. 1835: 152
Weber, E.	Grundriß der Biologischen Statistik Jena 1961
v. Weizsäcker	Pathophysiologie der Sensibilität Dtsch. Z. Nervenheilk. 101: 184, 1928
Witt, A.N.	Die Problematik der Behandlung der funktionsgestörten Hand Verh. Dtsch. Ges. Unfallheilk. in: Hefte z. Unfallheilk. 75: 126, 1963
Zachary, R.B. & Roaf, R.	zit. n. Moberg, E. 1962 in: Peripheral Nerve Injuries, ed. b. Seddon, H.J. London 1954
Zedler	Universallexikon aller Wissenschaften und Künste Halle-Leipzig 1733
Zierl	Einfluß des vegetativen Nervensystems auf die Haut in: Müller, L.R. Das vegetative Nervensystem Berlin 1920

Zrubecky, G. Die Hand, das Tastorgan des Menschen
Stuttgart 1960 (A)

ders. Zur Wiederherstellung der Sensibilität an der Kuppe eines aus Bauchhaut gebildeten Daumens
Zbl. Chir. 85: 1671, 1960 (B)

ders. Wiederherstellung des normalen Hautgefühls nach irreparablen Nervenschäden
Langenbeck's Archiv 301: 888, 1962

ders. Funktionelle Gesichtspunkte bei der Begutachtung von Handverletzungen
Z. Orthop. 97: 565, 1963

Herrn Professor Dr. med. L. Kreuz danke ich für die Überlassung des Themas. Herrn Dr. med. P. Simon bin ich für seine Aufgeschlossenheit und Hilfsbereitschaft bei der Gestaltung der Arbeit besonders dankbar.

Lebenslauf

Am 25.12.1939 wurde ich in Dresden als Sohn des Nervenarztes Dr. med. Fritz Mann und seiner Ehefrau Dr. med. Ilse Mann geb. Unger geboren.

Von 1945 bis 1953 besuchte ich die Volksschule in Dresden und anschließend den mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweig der Kreuz-Schule in Dresden. Dort legte ich 1958 das Abitur ab.

Die Ergänzungsprüfung zur Anerkennung des Abiturs bestand ich im Frühjahr 1959 in Tübingen.

Nach einem Semester Jurastudium wechselte ich im Winter-Semester 1959/60 zur Medizinischen Fakultät über und bestand dort nach dem Sommer-Semester 1960 und nach dem Sommer-Semester 1962 die naturwissenschaftliche und ärztliche Vorprüfung.

Im Herbst 1965 legte ich das Medizinische Staatsexamen in Tübingen ab.